



BIBLIOTECA PROVINCIALE
Armadio XVI
Palchetto B

Num.° d' ordine 7-D.17

NAZIONALE
B. Prov.
I
137
BIBLIOTECA VITT. EM. III
NAPOLI

B. I
I
137

Digitized by Google

URANOGRAPHIE

OU

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

D'ASTRONOMIE.

On trouve chez le même Libraire les Ouvrages suivants du même Auteur.

COURS COMPLET DE MATHÉMATIQUES PURES. Ouvrage destiné aux Élèves des Écoles Normale et Polytechnique, et aux Candidats qui se préparent à y être admis; quatrième édition, 1837, 2 vol. in-8. Prix, 15 fr.
TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE MÉCANIQUE, 5e édition, in-8, 7 fr.
ÉLÉMENTS DE STATIQUE, in-8, 2e édition, 3 fr.
ENSEIGNEMENT DU DESSIN LINÉAIRE, 3e édition, 7 fr. 50 c.
GONIOMÉTRIE, ou l'Art de tracer des angles sur le papier, accompagné d'une Table de cordes, 1 fr. 25 c.
ASTRONOMIE PRATIQUE, usage et composition de la *Connaissance des Tems*, ouvrage destiné aux Astronomes, aux Marins et aux Ingénieurs, in-8, 7 fr. 50 c.
GÉODÉSIE, ou Traité de la figure de la Terre et de ses parties, comprenant la Topographie, l'Arpentage, le Nivellement, la Géomorphie terrestre et astronomique, la construction des cartes, la navigation, leçons données à la Faculté des Sciences de Paris; un vol. in-8, 7 fr. 50 c.

Se trouvent aussi A BORDEAUX,

Chez GASSIOT, fils aîné, Libraire, Fossés de l'Intendance, n° 61.

IMPRIMERIE DE BACHELIER,
rue du Jardinet, 12.

URANOGRAPHIE

OU

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

D'ASTRONOMIE;

A L'USAGE

DES PERSONNES PEU VERSÉES DANS LES MATHÉMATIQUES;

ACCOMPAGNÉ DE PLANISPHÈRES;

Dédié à M. Arago;

PAR L.-B. FRANCOEUR,

Professeur de la Faculté des Sciences de Paris et du Collége Charlemagne; Chevalier de l'Ordre royal de la Légion-d'Honneur, Officier de l'Université, ex-Examinateur des Candidats de l'École Polytechnique; des Sociétés Philomatique, d'Encouragement pour l'industrie nationale, Royale et centrale d'Agriculture de la Seine, etc.; membre honoraire du Département de la Marine russe; des Académies de Saint-Pétersbourg, Rouen, Lyon, Cambrai, Toulouse, Lisbonne, Édimbourg, etc.

. . . . Juvat ire per alta
Astra; juvat, terris et inani sede relictis,
Nube vehi, validique humeris insistere Atlantis.
OVIDE.



CINQUIÈME ÉDITION.

PARIS,
BACHELIER, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
POUR LES MATHÉMATIQUES,
QUAI DES AUGUSTINS, N° 55.

1837

A M. Arago,

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,
MEMBRE DU BUREAU DES LONGITUDES, DE LA CHAMBRE DES DÉPUTÉS, ETC.,
COMMANDEUR DE LA LÉGION D'HONNEUR.

Monsieur,

La dernière édition de l' **URANOGRAPHIE** *a été dédiée à Carnot, qui m'honorait de son amitié; je vous prie de succéder à cet homme célèbre, en acceptant la dédicace de la 5e édition de cet Ouvrage. Une dédicace n'ajoute aucun mérite à un livre, quelle que*

Digitized by Google

soit la personne qui en accepte l'hommage; mais elle est de sa part un témoignage d'estime, et je désire beaucoup être jugé digne de la vôtre.

J'ai l'honneur d'être, avec le plus profond respect,

Monsieur,

Votre très humble et très dévoué serviteur,

FRANCOEUR.

Paris, le 5 juillet 1837.

PRÉFACE.

Mettre l'étude du ciel à la portée des personnes qui sont peu versées dans les Mathématiques, tel est le but principal de cet Ouvrage. J'ai voulu que tout lecteur, doué de cette application d'esprit qui permet de suivre un raisonnement, et sans laquelle il ne doit pas songer à ouvrir un livre de science, pût, à l'aide des calculs arithmétiques et des seuls éléments de la Géométrie, pénétrer les mystères astronomiques, acquérir des preuves irrécusables de leurs lois, et même appliquer ces connaissances à la résolution de problèmes importants. Les gens du monde me sauront quelque gré de leur avoir enseigné, dans un langage à leur portée, les moyens de reconnaître les constellations, d'obtenir la longitude et la latitude d'un lieu, de construire un calendrier et un cadran solaire, de trouver l'heure aux étoiles, de prédire les éclipses, de connaître le lieu qu'occupe un navire à la surface des mers, de calculer l'heure de la marée dans un port, etc.

J'ai aussi eu en vue l'utilité des littérateurs, dans la composition de ce Traité. Il n'est personne qui, en admirant les écrits que l'antiquité nous a transmis, ne reconnaisse que leurs auteurs étaient versés dans les sciences : et même les anciens n'avaient, à proprement parler, d'autres savants, que leurs philosophes, leurs orateurs et leurs poètes. Virgile, Ovide, Cicéron, Manilius, et même Homère et Anacréon, étaient aussi instruits qu'on pouvait l'être de leur temps, en Astronomie, en Physique, en Optique, en Histoire naturelle.... Comment se fait-il donc que les gens de lettres, qui recommandent avec raison l'étude et l'imitation des anciens, ne les imitent pas eux-mêmes, en mettant à contribution toutes les richesses des sciences? Que de comparaisons brillantes, de sujets véritablement poétiques peuvent fournir l'Astronomie, la Botanique, l'Agriculture!... L'indifférence pour des images si variées et si justes, l'habitude de ne rendre hommage qu'aux beautés d'une certaine nature, et de fermer les yeux sur celles qui ne sont pas du genre qu'on estime, sont sans doute les causes qui ont si rarement permis aux modernes d'égaler leurs admirables modèles.

Le peu d'estime que quelques personnes affectent pour les sciences, tient souvent à leur ignorance, *ignoti nulla cupido* : elles cherchent des motifs pour l'excuser, pour favoriser leur paresse d'esprit, dans les exemples des écrivains qui sont arrivés à la célébrité sans ce puissant moyen; dans la gêne produite par l'habitude des règles qui captivent l'imagination; enfin dans la sécheresse qu'elles supposent que les

sciences répandent sur les écrits. Elles oublient que tous les savants font leurs délices des lettres, et qu'ils ont aussi une littérature où ils se montrent supérieurs aux hommes de lettres les plus distingués : Pascal, Buffon, d'Alembert, Bailly, Cuvier, Laplace, Fourier, ont un rang élevé parmi les écrivains; et la moindre part de leur gloire est cependant d'avoir couvert de fleurs le champ qu'ils fécondent des fruits de leur génie.

Quelques personnes vont même jusqu'à prétendre que le mérite littéraire consiste presque uniquement dans un style pur, nombreux, élégant ou sublime. Qu'ils entendent Massillon dans la chaire, Mirabeau à la tribune, d'Aguesseau au barreau, Racine et Molière au théâtre, ils verront que c'est par la connaissance du cœur humain, du mécanisme des passions, par l'étude de la politique et de la morale, que ces grands écrivains se sont immortalisés : le style n'est pour eux qu'un accessoire brillant, mais nécessaire, que leur génie sait animer par la chaleur des mouvements de leur âme.

Que les littérateurs consentent donc à se laisser inspirer par les neuf Muses, et à s'éclairer, comme les Grecs et les Romains, au flambeau des sciences. On ne verra plus le poète employer si risiblement des idées qu'on lui a suggérées et qu'il n'a pas comprises; le traducteur prêter des fautes à son auteur; l'orateur semer dans ses discours des fleurs déplacées; l'avocat plaider ridiculement pour un brevet d'invention, sur un sujet chimique qu'il entend aussi peu que les juges. Nos meilleurs écrivains ne sont pas

exempts de reproches à cet égard ; et pour ne citer que La Fontaine, ce philosophe si pur et si sublime, ne dit-il pas que la cigale se nourrit de mouches et de vermisseaux ; que la fourmi amasse des provisions pour l'hiver ; qu'une souris qui s'est logée dans le tube d'une lunette, paraît à un astronome être une habitante de la Lune, etc. ? Ces taches et d'autres encore n'eussent pas déparé ses belles fables, si La Fontaine n'eût pas négligé l'étude de l'Histoire naturelle et de l'Optique.

Quintilien était bien éloigné de partager l'erreur que je combats, lui qui veut qu'un orateur ne soit étranger à aucune connaissance humaine : il va même jusqu'à affirmer qu'on ne comprend pas les écrits des anciens, quand on n'a pas cultivé les sciences, et en particulier l'Astronomie : *Nec poetas legisse satis est : excutiendum omne scriptorum genus, non propter historias modo, sed verba quæ frequenter jus ab auctoribus sumunt. Tum nec citra musicen, grammatice potest esse perfecta, cum ei de metris rhythmisque dicendum sit. Nec, si rationem siderum ignoret, poetas intelligat, qui (ut alia mittam) toties ortu occasuque signorum in declarandis temporibus utuntur.* (Inst., liv. I, chap. IV.)

On doit avouer qu'aujourd'hui les sciences ont une telle étendue, qu'on ne peut les approfondir toutes, ainsi que cela se faisait autrefois : le littérateur doit donc se contenter de les effleurer. Il ne lui est indispensable, pour comprendre les anciens, que de connaître les sciences au même degré qu'eux, et il lui est facile d'aller beaucoup plus loin. C'est cette pensée

qui m'a fait naître l'idée de mettre la plus belle des sciences à la portée de presque tous les lecteurs. Voici le plan que j'ai suivi.

Ce Traité est formé de trois parties : la première contient les principes généraux de l'Astronomie, et n'est qu'une introduction aux deux suivantes ; la deuxième donne les solutions de divers problèmes. L'enseignement public comprend maintenant les Mathématiques ; et le plus grand nombre des disciples des Colléges y reçoivent une instruction assez étendue. J'ai cru utile de réserver la troisième partie pour des calculs numériques propres à faire concevoir l'usage qu'on peut faire de l'Astronomie dans un grand nombre de circonstances.

Les lecteurs ne devront pas s'effrayer de l'emploi que je fais de ces calculs, puisque cette troisième partie est tout-à-fait indépendante des formules algébriques, et peut être négligée par ceux qui ne sont pas exercés à ces opérations, qui ne se fondent que sur l'Arithmétique et la Géométrie. Les difficultés qu'ils y trouveront ne tiennent qu'à la nature du sujet. Une première lecture ne donne bien souvent qu'une idée générale d'un livre de science ; c'est dans une seconde tentative qu'on doit espérer d'en retirer quelque fruit.

Dans les précédentes éditions je ne m'étais pas abstenu, comme dans celle-ci, des théories algébriques ; mais le peu d'étendue que je pouvais leur consacrer m'ayant déterminé à les développer beaucoup davantage dans des traités spéciaux, l'*Astronomie pratique et la Géodésie*, j'ai cru devoir y renoncer

ici, afin de rendre l'Uranographie plus facile à comprendre pour les lecteurs auxquels cet ouvrage est destiné.

La passion que j'ai pour l'Astronomie m'a porté à regarder l'Uranographie comme celui de mes écrits que je devais le plus travailler, et je n'ai pas laissé passer un seul jour, pour ainsi dire, sans faire des observations célestes, ou sans essayer de rendre l'Ouvrage plus digne du public. J'y ai attaché toutes mes espérances d'obtenir son estime. J'ai donc lieu de penser qu'il conservera à cette édition la bienveillance qu'il a portée aux premières.

TABLE DES MATIÈRES.

PREMIÈRE PARTIE.

Principes généraux d'Astronomie.

DEUXIÈME PARTIE.

Connaissance du Ciel.

TROISIÈME PARTIE.

Application du Calcul numérique à l'Astronomie.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

Dans la fig. 61 du cadran équinoxial, les chiffres des heures marqués du côté droit doivent être écrits du côté gauche, et réciproquement.

Page 153, ligne 9, Voici comment il faut entendre ce passage : Après un passage sur le disque solaire, il s'écoule 8 ans pour le suivant, puis 122 ans, puis 8 ans, puis 105, puis 8 ans, puis 122 ans, puis 8 ans, puis 105 ans, etc. Les passages ont donc lieu dans les années 1631, 1639, 1761, 1769, 1874, 1882, 2004, 2012, 2117, 2125, 2247, 2255, etc., savoir, deux consécutifs en décembre, puis 2 en juin, puis 2 en décembre, 2 en juin, etc.

239, *Ajoutez* à la fin de l'art. 124 : les beaux mémoires de MM. Ivory, Kramp, Bessel (*tabulæ regiomontanæ*) donnent des résultats d'une extrême précision.

Errata.

17,	ligne 6,	en remontant, *lisez* soit au-dessus, soit au-dessous de l'équateur
37,	7,	en remontant, la parallaxe, *lisez* la parallaxe horizontale croît quand la distance de l'axe diminue
40,	3,	un angle de 8″58‴, *lisez* 8″,58
64,	10,	est en 7′, *lisez* et en 7′
69,	10	en remontant, a jusqu'ici, *lisez* a été jusqu'ici
78,	9,	(nos 225 à 291), *lisez* (nos 243 à 298)
96,	10,	(p. 62), *lisez* (p. 78)
100,	8,	(p. 3), *lisez* (p. 11)
106,	19,	par heure : *lisez* par heure,
107,	12	en remontant, table XIV, *lisez* table X
id.,	3	en remontant, les 364 jours, *lisez* les 365 jours
108,	10,	nº 14, *lisez* nº 20
ib.,		dernière, table XVI, *lisez* table X
124,	21,	Sulpicius-Fallus, *lisez* Sulpicius-Gallus
126,	1,	(p. 89), *lisez* (p. 113)

Page 133, 13, *lisez*, il faut diviser par 4 le nombre exprimé par les deux chiffres à droite, etc.

145, 12, p. 112, *lisez* p. 138

147, 2 en remontant, se trouvant, *lisez* se trouvent

156, 21, dans tous les points, *lisez* en divers points de l'orbite

157, ligne 10 en remontant, en 13 jours, *lisez* et 13 jours.

172, 11 en remontant, 242°,54, *lisez* 241°98

191, 5 et 6 en remontant, 50,10″ et 50,41″, *lisez* 50″,10 50″,41

193, 13, *après* l'écliptique, *ajoutez* en P est le pôle de l'équateur, lequel est, etc.

225, 6, l'année sidère, *lisez* l'année sidérale

238, 14 en remontant, étoile α, *lisez* étoile α·

254, 14 en remontant, *avant* étoiles doubles *ajoutez* n° 135

293, 11 en remontant (fig. 40), *lisez* (fig. 41)

297, 13 en remontant (fig. 40) *lisez* (fig. 41)

301, 20, n° 316, *lisez* (n° 337)

306, 9, carte IV, *lisez* carte III

307, 6 et 16, *même correction*

323, 12, p. 169, *lisez* p. 152

324, 3, (n° 90), *lisez* (n° 89)

333, 20, un diamètre quelconque, *lisez* le diamètre nord et sud

336, 18, par l'homme, *lisez* pour l'homme

337, 2 en rem., *lisez* pendant que le centre de ce cercle

351, 22, ainsi, *lisez* aussi

357, 6, 243, *lisez* p. 345.

372, 22, page 355, *lisez* page 364

386, 3, le deuxième, *lisez* le premier

399, 12, γu, *lisez* T″u

Id. 13, (n° 258), *lisez* (n° 257, 2°)

416, 10, P 12, *lisez* PIP′

422, 5, fig. 67, *lisez* fig. 61

424, 10, = *be*, *lisez* = *bc*

425, 5, EG, *lisez* FG

428, 10 en remontant, SB, *lisez* CB

429, 2, l'arc, *lisez* l'axe

438, 18, HAR, *lisez* HPR

440, 14, SB, *lisez* SC

URANOGRAPHIE.

PREMIÈRE PARTIE.

PRINCIPES GÉNÉRAUX D'ASTRONOMIE.

Mouvement diurne apparent.

1. Le plus beau des spectacles est celui qu'offre à nos yeux le mouvement de cet astre éclatant qui fait succéder le jour à la nuit, nous ramène les saisons, fournit les moyens de diviser la durée, préside aux opérations de l'Agriculture, et règle nos besoins, nos travaux et nos plaisirs. Chaque jour sa présence vient dissiper les ténèbres; il s'élève majestueusement sur l'horizon, monte graduellement, puis redescend, et disparaît enfin, laissant régner la nuit, qu'il doit bientôt faire évanouir à son tour. C'est toujours vers la même région du ciel que le Soleil se lève; il se couche à la région opposée, et l'on doit aisément concevoir qu'il achève la nuit, sous l'horizon, le cercle qu'il a en partie décrit à nos yeux pendant le jour.

Sous des dimensions à peu près égales en apparence, mais avec une lumière moins vive, la Lune nous offre aussi l'image d'une circulation périodique autour de nous. Les phénomènes du lever et du coucher du Soleil, si frappants par leur grandeur et leur majesté, ont pareillement lieu pour la Lune, quoiqu'ils soient moins souvent l'objet de notre attention. Elle tourne aussi autour de nous, se lève, monte, redescend, puis se cache; mais la présence du Soleil sur l'horizon nous empêche ordinairement de voir une partie de ces mouvements, que la succession des phases contribue encore à dérober à nos yeux. Il n'est

Digitized by Google

personne qui n'ait remarqué la Lune en plein jour, lorsqu'elle n'est pas trop voisine du Soleil; elle s'est levée sans que nous en fussions avertis; elle a suivi sa marche accoutumée, et lorsque le Soleil sera couché, elle la continuera sous nos yeux durant une partie de la nuit, et achèvera un cercle semblable à celui que le Soleil a accompli pendant le jour.

Les étoiles ont aussi des circulations périodiques ; nous ne sommes pas aussi sensibles à la marche de ces points étincelants qu'à celle du Soleil et de la Lune, dont la progression majestueuse appelle vivement l'attention; mais il suffit d'une grossière observation pour reconnaître que les étoiles tournent autour de nous dans le même sens que ces deux astres, sortent de la même région de l'horizon, pour atteindre chaque jour la région opposée. Il est vrai que le spectacle de ces mouvements calmes et solennels, est interrompu lorsque le jour règne sur la Terre; d'un autre côté, le sommeil nous empêche, dans la nuit, de porter nos regards sur ces phénomènes si dignes de les fixer. Mais en remarquant le soir une étoile brillante, à son lever, on la voit du côté de l'orient, monter lentement, avec toutes celles qui l'environnent. Le lendemain soir on la revoit à l'horizon vers la même heure; elle apparaît précisément au même lieu où elle s'était levée la veille, et recommence son cours; on reconnaît ainsi que tous les astres accomplissent autour de nous chaque jour une révolution entière, dont une partie plus ou moins étendue peut être cachée sous l'horizon.

Mais si les étoiles sont présentes au ciel durant le jour, pourquoi ne les apercevons-nous pas? En voici la raison. Lorsque l'un de nos sens est fortement affecté, il cesse d'être sensible à de légères impressions. Un son faible ne peut être entendu auprès d'un bruit considérable : les yeux frappés d'une clarté vive n'aperçoivent plus rien dans un lieu sombre; il faut y demeurer quelque temps pour que ces organes soient reposés, et redeviennent sensibles à de faibles impressions; alors la nuit se dissipe, et l'on retrouve peu à peu la faculté d'y distinguer les objets. Telle est la cause qui nous prive de la

vue des étoiles pendant l'éclat d'un jour serein : elles sont aussi bien présentes à nos yeux que durant la nuit ; mais ce n'est que par l'affaiblissement du crépuscule qu'elles deviennent successivement visibles, en commençant par les plus brillantes et les plus éloignées du couchant. La Lune produit le même effet sur les petites étoiles qui en sont voisines. Au reste, on peut voir les étoiles en plein jour, à l'aide d'une bonne lunette, ou en descendant au fond d'une cave obscure et percée vers le ciel.

En examinant les étoiles, on remarque qu'elles changent, il est vrai, de place dans le ciel, courant toutes dans le même sens ; mais qu'elles conservent leurs distances respectives, sans que leurs routes se croisent : ces groupes, qu'on a nommés *Constellations*, se meuvent peu à peu dans le firmament, sans que leurs configurations varient. Il est des astres qui semblent décrire au ciel de petits cercles, sans jamais passer sous notre horizon, et n'échappent à la vue que lorsque l'aurore vient diminuer leur éclat. Mais le plus grand nombre décrivent des courbes très étendues qu'ils continuent de parcourir, étant dérobés à nos regards par l'horizon. Ces phénomènes du *lever* et du *coucher*, la plupart des astres y sont soumis, aussi bien que le Soleil et la Lune.

2. C'est peu d'apercevoir ces mouvements, il faut en mesurer l'étendue. Deux instruments servent à cet usage, une *pendule* détermine avec précision des durées égales, et une *lunette* dirigée vers une étoile quelconque en fixe la position actuelle ; les fils très fins qui sont placés au foyer rendent cet alignement très précis. Quel que soit celui de ces astres qui fait le sujet de l'observation, et à quelque lieu de son cours qu'on le considère, on reconnaît qu'il emploie chaque jour la même durée pour revenir au même point du ciel où on l'a remarqué, et vers lequel on a dirigé la lunette : *toutes les étoiles accomplissent autour de nous leur révolution complète dans le même temps.* L'étendue de ces courbes est très diverse, et cependant cette route est parcourue dans la même durée : l'étoile qui décrit

by Goog

un plus grand cercle, va proportionnellement plus vite que celle qui en parcourt un moindre, et la vitesse de circulation, constante pour chacune, a plus de rapidité quand le cercle est plus étendu ; en sorte que le temps de la révolution complète se trouve précisément d'égale durée, et que le quart ou le tiers du cercle entier est décrit durant le quart ou le tiers du temps total ; seulement elles changent simultanément de place sur le ciel, en tournant, d'un mouvement commun, autour de nous.

Le temps qui s'écoule depuis qu'une étoile occupe un lieu du ciel jusqu'à celui où elle y reviendra le lendemain, temps qui est le même pour toutes les étoiles, forme donc une durée constante qui peut servir de mesure aux divers phénomènes célestes. Cette durée, qui est d'un peu moins de 24 heures solaires, est ce qu'on nomme le *jour sidéral*, qu'on divise aussi en 24 heures, dont chacune a 60 minutes, etc.

On règle l'horloge sur les étoiles, en donnant au pendule, qu'on suppose être à l'abri des effets de la température et de toutes les causes physiques de dérangement, la longueur qui convient, pour que, entre deux passages d'une étoile au fil d'une lunette quelconque immobile, il s'écoule précisément 24 heures. Des essais peuvent amener l'horloge à cet état, qu'au reste il n'est pas nécessaire d'obtenir rigoureusement ; pourvu que la marche soit régulière, l'avance ou le retard sera perpétuellement le même à chaque révolution, et l'on pourra en tenir compte par un calcul.

Apportons plus d'attention dans l'examen de ces mouvements. KIK′ (fig. 1) est un cercle gradué de 0 à 360°, et fixé à un axe central PP′ perpendiculaire à son plan ; AKBK′ est un second cercle mobile, comme sur une charnière, autour de son diamètre AB, de manière à pouvoir accomplir des révolutions complètes autour de cet axe AB, qui reste fixe aussi bien que le cercle KIK′ : le point K du cercle AKB glisse sur cette circonférence KIK′ et en parcourt tous les degrés ; pour une situation quelconque AIB du cercle mobile AKB, K s'est porté sur la graduation I. Enfin, CS est une lunette, ou alidade, qui tourne

au centre C, sans sortir du plan mobile AKBK′; S glisse sur cette circonférence mobile ABK, qu'on a de même partagée en degrés, et l'alidade peut prendre la direction de tous les rayons CO, CS, CK, CG.... Quand le cercle AKB tourne sur AB, il entraîne avec lui cette lunette CS dans son mouvement.

Nous donnerons bientôt (p. 15) le moyen de placer cette machine dans une situation propre à mettre en évidence le fait suivant : quelques essais pourront d'ailleurs suffire à déterminer la direction oblique à l'horizon, selon laquelle l'axe PP′ doit être fixé. Qu'on place la lunette CS selon CK perpendiculaire à AB, et qu'on la fixe sur le cercle mobile AKB; lorsqu'ensuite on fera tourner ce cercle AKB autour de AB, pour prendre une position AIB, la lunette, qui aura reçu la position CI, pourra être dirigée vers quelque étoile; on verra que pour suivre le mouvement de cet astre, on ne doit pas déplacer la lunette CI sur le cercle mobile AIB, mais seulement continuer la rotation du cercle AIB, du moins si la machine est convenablement orientée : l'étoile ne sort pas du plan KIK′ prolongé jusqu'au ciel, puisqu'elle demeure dans les divers alignements de la lunette CI, rasant le limbe KIK′. Si l'on s'aide d'une pendule, ou d'une montre, à mouvements bien réguliers, on verra, de plus, que le point I parcourt sur le cercle KIK′ des arcs égaux durant des temps égaux.

Qu'on fixe de même la lunette CS sur un point S du cercle mobile AKB, en la dirigeant vers une étoile quelconque L; on remarquera que pour suivre l'étoile dans toutes ses positions, il faut laisser la lunette fixée sur le même point S du cercle mobile AKB, et faire tourner ce cercle AKB sur l'axe immobile AB; et si l'on consulte la graduation KIK′, on verra que le point K parcourt des arcs KI égaux dans des temps égaux. Ces arcs mesurent les angles formés par le plan AIB avec AKB dans ses diverses situations. L'étoile est restée à la même distance du plan KIK′, prolongé indéfiniment, puisque l'angle KCS est le même dans toutes les positions que cette étoile a prises. Le rayon CS décrit un cône dont PP′ est l'axe, et dont l'étoile parcourt le cercle de la base, avec un mouvement uni-

Google

forme. Les graduations de KIK′ parcourues par diverses étoiles seront les mêmes pour toutes dans le même temps, quelle que soit l'étendue du cercle qu'elles décrivent, c'est-à-dire quelle que soit la direction CS qu'il a fallu donner à la lunette, pour aligner l'étoile dans sa position primitive, ou quel que soit l'angle KCS.

L'usage de cette *machine* (fig. 2) qu'on nomme *parallactique*, prouve donc que *les étoiles décrivent autour de nous des cercles parallèles, obliques à notre horizon, par une rotation uniforme qui s'accomplit dans le même temps pour toutes*, savoir, en 24 heures sidérales.

La machine parallactique est représentée fig. 2. Le cercle gradué AKB peut accomplir des révolutions complètes autour de l'axe PP′ obliquement fixé dans une direction qui sera indiquée plus loin. Ce cercle entraîne dans ses mouvements une aiguille ou alidade P′o′, perpendiculaire à l'axe PP′, et destinée à faire connaître les variations angulaires. A cet effet, le cercle *kik′*, aussi gradué, est fixé perpendiculairement à l'axe PP′, en sorte que l'alidade P′o′ en rase la surface, et se présentant dans les diverses directions du rayon, marque les degrés parcourus par le plan du cercle mobile AKB tournant sur son axe PP′. L'alidade P′o′ est pourvue d'un vernier propre à indiquer les petites fractions de degrés.

L'axe central C du cercle mobile AKB porte une lunette CK qui peut se diriger suivant tous les rayons de ce cercle, et se porter sur toutes ses graduations : elle est aussi munie d'un vernier pour fractionner les arcs. L'exposition qui a été faite ci-dessus sur la fig. 1, suffit pour faire comprendre comment en dirigeant la lunette sur un astre quelconque et la fixant au limbe AKB, on peut suivre tous les mouvements de cet astre sans déplacer la lunette, et en faisant seulement tourner le cercle AKB sur l'axe PP′; on peut comparer les valeurs angulaires décrites par ce plan, lesquelles sont mesurées par l'alidade P′o′, avec les temps écoulés, et vérifier ainsi le théorème énoncé ci-dessus; et même comme la lunette reste fixée à un même point du limbe AKB dans tous les mouvements de l'étoile et du limbe, sans que l'astre cesse d'y être vu dans l'axe optique,

on reconnait que le cercle qu'elle décrit est parallèle au plan KC*o* diamétral et perpendiculaire à l'axe PP′, et l'on peut lire sur ce limbe l'angle constant que fait le rayon visuel avec le plan KC*o*.

Mais pour que cette observation puisse être faite, il faut donner à l'axe PP′ une direction convenable, oblique à l'horizon : nous indiquerons bientôt quelle est cette direction e comment, variable avec les lieux, on peut la déterminer avec exactitude. L'axe PP′ est d'ailleurs pourvu de mécanismes propres à lui imprimer de très petits mouvements, pour qu'on puisse lui donner avec précision le degré d'obliquité voulu, et l'y ramener quand il s'en est écarté.

Nous ne donnerons pas de détails plus étendus sur cette machine, que notre description suffit pour faire comprendre. Les instruments propres à la mesure des angles sont fréquemment employés dans les arts, et l'on est parvenu à les construire avec une si étonnante perfection, qu'on peut compter sur une appréciation presque rigoureuse des valeurs angulaires.

3. Cette observation conduit à se figurer le ciel entier comme une sphère immense et creuse APBP′ (fig. 3); la Terre semble immobile au centre T, tandis que cette sphère céleste tourne *d'un mouvement uniforme*, en 24 heures sidérales, entraînant dans sa rotation tous les astres, qui y sont fixés comme autant de points étincelants. Cette sphère se nomme *Empirée* ou *Firmament*, parce qu'on la croyait solide et destinée à retenir les eaux qu'on supposait répandues à l'extérieur, et qui s'ouvraient quelquefois un passage par des *Cataractes*.

Les étoiles ont chacune leur place fixée sur la surface de ce globe, qui les emporte toutes d'un mouvement commun. Nous ne voyons jamais que la moitié supérieure de cette sphère, l'inférieure étant cachée sous l'horizon DD′; mais celle-ci se montre à son tour, lorsque, par l'effet de la rotation universelle, elle viendra peu à peu prendre la place de l'autre. L'astre qui se lève ou se couche actuellement, est celui qui, sur cette sphère mobile, se trouve précisément sur l'horizon. Cette ligne

Digitized by Google

idéale PP′, appelée *axe du monde*, autour de laquelle se fait la rotation, a une position immobile, oblique à notre horizon DD′ : de ses deux extrémités P et P′, qu'on nomme *pôles*, l'une est cachée par l'horizon, l'autre est devant nos yeux en tout temps, et serait toujours visible, sans les nuages ou sans l'éclat du jour : la 1re est le *pôle austral* P′, la 2e le *pôle boréal* P. Les cercles décrits sont d'autant moindres, qu'ils se rapprochent davantage de l'un des pôles, et s'il y avait une étoile à l'extrémité même P ou P′, elle resterait fixe dans l'espace. *L'étoile polaire* est placée très proche de ce pôle, et décrit par conséquent un cercle extrêmement petit : cet astre est assez brillant, et son peu de mobilité suffit pour le faire connaître. Nous donnerons d'autres moyens de le distinguer. A mesure qu'on s'éloigne des pôles, les cercles prennent plus d'étendue, la vitesse de circulation a plus de rapidité, et l'*équateur* EE′, cercle qui est à égale distance des deux pôles opposés, étant la plus grande de toutes ces circonférences, contient les étoiles dont la vitesse est la plus rapide.

Les étoiles qui peuplent le firmament ne sont pas, comme elles nous le paraissent, à égale distance de nous. La forme hémisphérique que le ciel nous semble offrir, n'est qu'une illusion semblable à celle de la perspective. En regardant une campagne, nous ne jugeons du lieu que les objets occupent, que par le jeu de la lumière et les angles obliques sous lesquels nous les voyons. Des rayons visuels dirigés à divers points forment une sorte de grande pyramide dont le sommet est à l'œil et dont la base s'appuie sur les objets. Une glace interposée, couperait chaque rayon en un point, et si le système de ces points de section restait tracé sur la glace, avec sa teinte propre, l'ensemble de ces empreintes y formerait une image fidèle des objets : la glace perdrait tout à coup sa transparence, que le spectacle ne serait pas changé. Telle est l'idée qu'on doit se faire de la *perspective*.

La vue ne nous permet de juger la forme des corps qu'en perspective ; malgré nous et à notre insu, une glace s'interpose toujours et en reçoit le dessin. Nous projetons les objets sur le

ciel, sur les nuages, ou même les uns sur les autres, ce qui donne à cette glace imaginaire diverses positions. Les objets en reçoivent des apparences trompeuses; les cordons parallèles qui règnent sur la façade d'un édifice semblent tous concourir en un point; les lignes horizontales s'inclinent, soit en montant, soit en descendant; les cercles se forment en ovales.... ; notre jugement, éclairé par un long usage de nos sens, rectifie bien ces impressions; mais dans les cas extraordinaires les erreurs restent, à moins que le raisonnement ne les redresse.

L'illusion qui nous porte à juger le ciel hémisphérique vient de ce que nous croyons que les étoiles sont également éloignées de nous, parce que rien ne nous avertit du contraire; nous les attachons, par la pensée, à la surface d'un globe. Ce n'est plus sur une glace qu'ils nous paraissent fixés, parce qu'un plan ne s'accommoderait pas avec la sensation que produit l'ensemble des objets qui nous environnent; mais nous les rapportons à une sphère qui s'interpose et reçoit les empreintes des rayons lumineux. Ce n'est qu'une manière de rendre la sensation que fait naître en nous la vue de ces astres, et ce jugement n'est que l'expression de l'ignorance où nous sommes de leurs distances. Ainsi *les étoiles sont pour nous comme si elles étaient fixées à la surface d'une sphère tournant autour d'un axe oblique à l'horizon.*

4. Si l'observateur T (fig. 3) suspend un fil-à-plomb et le conçoit indéfiniment prolongé, cette direction *verticale* ZT, perpendiculaire à la surface *horizontale* DD' des eaux tranquilles, ira marquer en haut un point Z qu'on nomme *Zénith* ou *milieu du ciel,* et traversant la Terre, donnera à l'opposé le *Nadir* dans la région inférieure et invisible. On comprend que les astres qui sont actuellement au-dessus de l'horizon DD', sont visibles, et que les autres sont cachés par la Terre (*); lorsque

(*) Nous faisons ici abstraction du phénomène nommé *réfraction,* qui fait paraître les astres plus élevés qu'ils ne le sont réellement, et même les transportant en apparence au-dessus de l'horizon, permet de les apercevoir, lorsqu'ils sont encore un peu au-dessous.

Digitized by Google

par la révolution diurne, les premiers descendront à leur tour sous ce plan, on cessera de les voir; tandis qu'à la région opposée d'autres étoiles, montant sur l'horizon, seront aperçues. Tels sont les phénomènes du lever et du coucher des astres.

Mais si, vers la région polaire P, on remarque une étoile A dont le cercle diurne AB n'a pas assez d'étendue pour atteindre l'horizon DD', elle restera sans cesse au-dessus de ce plan; l'astre n'aura ni lever, ni coucher, et ne disparaîtra que durant le jour, ou caché sous les nuages. Il suffit que l'astre A soit plus proche du pôle P que le point D de l'horizon pour que cela arrive. Les pôles P, P', extrémités de l'axe idéal du monde, sont absolument immobiles. Les cercles diurnes s'agrandissent à mesure qu'ils s'éloignent du pôle, tels que *ab*, ZR, AB, ... et acquièrent bientôt assez d'étendue *gg'* pour qu'une partie *kg'*, plus ou moins grande, soit cachée sous l'horizon. Le temps durant lequel une étoile est levée et couchée est proportionné à l'étendue de ces deux arcs *kg*, *kg'*. Les points mêmes *k*, K, ... où se font le lever et le coucher, occupent des places très diverses sur l'horizon et se rapprochent de plus en plus de D', à mesure que les étoiles sont plus proches du pôle inférieur P'. Tous les astres I qui sont plus voisins de ce pôle que le point D' ne se lèvent jamais pour notre observateur, qui ne peut les apercevoir en aucun temps.

Qu'on suive attentivement le cours d'une étoile *ab* circompolaire. On a un moyen sûr de trouver le point *a* le plus haut et le point *b* le plus bas de ce cercle : il suffit d'observer le temps que l'astre met à passer de *a* en *b*, dans un plan vertical *ab*, et à revenir en *a*; ce plan *ab* doit être tel, que la durée soit exactement divisée aux points *a* et *b*, en deux parties égales, de 12^h chaque. Quelques essais conduiront à trouver ce plan vertical qui passe, comme on voit, par les points culminants D'A*a*P*b*D des divers cercles que décrivent toutes les étoiles, plan qu'on nomme le *Méridien*.

D'après cet exposé, on voit que le plan vertical mené par l'axe de rotation du ciel est ce qu'on nomme le *méridien*, plan qui jouit de la propriété de contenir les deux pôles et de se

Digitized by Google

diriger très près de l'étoile polaire, de couper tous les cercles des étoiles en deux parties égales, enfin de passer par tous leurs *points culminants*, c'est-à-dire par le lieu le plus élevé du cours de chacune. Lorsque le centre du Soleil se trouve dans le méridien, nous comptons *midi*.

8. Le passage des astres à leur culmination étant d'une grande importance en Astronomie, on a imaginé un instrument propre à en faire l'observation ; c'est ce qu'on nomme une *lunette méridienne* ou *des passages ;* voici en quoi elle consiste (fig. 4).

Au foyer de cette lunette AB on place un *Réticule* muni de 3, 5 ou 7 fils verticaux équidistants, croisés par un fil horizontal. L'instrument est porté sur des bras *ab* parfaitement égaux et perpendiculaires à l'axe optique. On le vérifie par le retournement ; on place le bras droit sur le support gauche, et réciproquement, et il faut que, dans ces deux positions, le fil moyen du réticule se peigne précisément sur la même ligne de mire tracée au loin dans la campagne.

Les bras de la lunette méridienne sont portés sur des supports inébranlables P, Q, qu'on a construits dans une situation convenable, et posent par leurs bouts, ou *Tourillons*, sur des coussinets un peu mobiles, qu'on fixe à volonté. L'un peut se mouvoir verticalement, pour amener les bras à prendre une direction parfaitement horizontale, ce dont on s'assure par le niveau à bulle d'air : comme les bras sont perpendiculaires à l'axe optique de la lunette, cet axe doit, dans cet état, décrire un plan vertical. L'autre coussinet peut s'avancer sur le support dans le sens horizontal, afin de pouvoir amener l'axe optique dans le plan du méridien, où il est déjà placé approximativement, à l'aide d'une boussole, ou par tout autre moyen. On observera le passage d'une étoile à chacun des fils verticaux du réticule, le long du fil horizontal, et l'on notera l'heure, la minute et la seconde qui répondent à ces observations : l'instant moyen est celui du passage par l'axe optique, qui répond au fil du milieu ; il sera donc facile, par divers essais, de diriger la lunette de manière que le plan vertical de son axe optique

coupe par moitié en *a* et *b* (fig. 3) le cercle diurne *aba* que décrit une étoile circompolaire. Ce plan est le méridien.

Les astronomes ont divers procédés pour s'assurer que la lunette méridienne est exactement placée, ou pour en calculer la petite déviation et corriger les observations. Nous ne devons pas en parler ici, parce qu'ils sont fondés sur des théories analytiques trop élevées. V. mon *Astronomie pratique.*

Comme les essais sont très longs pour amener la lunette à la position précise, on a soin de marquer au loin, sur une mire, la direction du méridien, afin de la retrouver et d'y ramener le fil du milieu, lorsqu'il s'en trouve écarté par quelque cause. L'un des bras *b* (fig. 4) porte une alidade perpendiculaire, qui, se mouvant à mesure qu'on fait tourner la lunette sur ses tourillons, indique, sur un cercle gradué fixe, les diverses inclinaisons que prend cet instrument.

Nous ne dirons rien des soins indispensables à prendre; par exemple, on diminue les frottements sur les coussinets en allégeant le poids qu'ils supportent; on creuse les tourillons pour pouvoir éclairer les fils et les rendre visibles dans l'obscurité; on prend des fils très fins; on s'assure de leur parallélisme, de leur équidistance, etc.

6. La lunette méridienne sert à connaître à chaque instant la marche de la pendule. Comme tout est égal à droite et à gauche du méridien, il est visible que ce plan coupe par moitié tous les cercles diurnes décrits par les étoiles, aussi bien que le cercle de l'horizon GG′ (fig. 6) : il passe par les deux pôles A et B, et par les points le plus bas et le plus élevé du cours de chaque astre. La ligne GCG′, suivant laquelle il coupe l'horizon, se nomme *la Méridienne :* l'usage fréquent qu'on fait de cette droite et du méridien, exige qu'on puisse les trouver à chaque instant, et nous indiquerons par la suite les divers moyens qu'on peut employer pour y parvenir.

La méridienne GCG′ prolongée, rencontre le ciel en un point G, qu'on nomme le *Nord* ou le *Septentrion,* et du côté opposé, en un point G′, qui est le *Sud* ou le *Midi.* Une ligne

horizontale perpendiculaire à la méridienne, va de même marquer, aux limites de l'horizon, *l'Orient, l'Est,* ou *le Levant,* du côté où les astres montent, et à l'opposé, *l'Occident, l'Ouest* ou *le Couchant;* ce sont *les quatre points cardinaux.* Le spectateur qui regarde le sud, a le nord derrière lui, l'est à sa gauche, l'ouest à sa droite (*); on donne aussi ces mêmes noms aux régions célestes voisines de ces quatre points.

Le plan AKBG du méridien coupe la sphère céleste selon un grand cercle qu'on appelle aussi méridien : on le distingue en supérieur et inférieur, selon qu'il s'étend du pôle vers la région méridionale AKG'B, ou vers la septentrionale AGK'B : ainsi, lorsqu'on parle du *passage inférieur,* on doit entendre que l'astre arrive à un point du méridien AK'B situé du côté du nord; le passage supérieur a eu lieu dans la partie AOKG'B, qui s'étend vers le sud; les passages en O et R ne sont tous deux visibles que pour les circompolaires O, Q, R; mais pour toutes les étoiles, ils divisent par moitiés leur cercle diurne entier, aussi bien que la partie, soit visible, soit invisible, de leur cours; le passage supérieur est le milieu de l'une, l'inférieur, le milieu de l'autre. On en peut, à peu près, dire autant du soleil : sa course diurne est coupée par moitié en ses passages méridiens; on dit qu'il est midi, ou le milieu du jour, quand cet astre atteint le méridien supérieur, et minuit, quand il est à l'inférieur. C'est même de cette propriété que dérivent ces dénominations. Chaque jour à midi l'ombre d'un fil-à-plomb couvre la méridienne, et cet instant est le seul où cette coïncidence soit possible.

7. Les *cercles horaires* sont une suite de plans, tels que AQIB (fig. 1) passant par les pôles; le méridien est celui de ces cercles qui est vertical. Chaque étoile a son cercle horaire qui passe par cet astre et par l'axe PP', tourne avec elle, et prend

(*) Il ne faut pas oublier que les mots *droite* et *gauche*, dont nous nous servirons fréquemment par la suite pour désigner le sens où se meut un astre, se rapportent toujours à un habitant de l'hémisphère terrestre boréal : pour le spectateur placé dans la région australe, il faudrait substituer l'un de ces mots à l'autre.

toutes les inclinaisons sur le méridien ; c'est ce qui constitue *l'angle horaire* de l'étoile à chaque instant. Tant qu'elle est vers l'est, elle se rapproche du méridien, et l'angle horaire décroît ; il est nul au méridien, et croît en sens opposé après ce passage, prenant ainsi, des deux côtés, toutes les valeurs de zéro à 180°.

Puisque le ciel effectue sa révolution de 360° en 24^h, d'un mouvement uniforme, les étoiles décrivent des arcs de 15° par heure, 1° en 4′, 1′ en 4″ de temps, et il est donc bien facile de calculer quel est l'arc parcouru en un temps donné, et réciproquement. Pour un arc de 35°, il faut $2^h\,20'$, c'est-à-dire qu'il y a $2^h\,20'$ d'intervalle entre le moment actuel et celui du passage au méridien. Les durées sont aussi exprimées en temps sidéral (n° 2), l'heure étant la 24e partie du temps de la révolution complète du ciel, ou de l'intervalle entre deux retours d'une étoile quelconque à la même position.

8. Les cercles diurnes AB, *gk*... des étoiles sont perpendiculaires à l'axe PP′ (fig. 3) ; parmi ces cercles, celui qui, tel que ETE′, passe par le spectateur T, s'appelle l'*Équateur,* nom qu'on donne aussi au plan de cette courbe ; il coupe l'horizon suivant la ligne qui va de l'est à l'ouest, perpendiculairement à la méridienne, et par conséquent, *l'une des moitiés de l'équateur céleste est cachée sous l'horizon, l'autre est visible au-dessus.* L'étoile qui le décrit est 12^h levée et 12^h couchée; ce cercle est le plus grand de tous ceux qui sont décrits en 24^h, lesquels décroissent de plus en plus en se rapprochant des deux pôles opposés : seulement en procédant vers le pôle visible P, la partie cachée sous l'horizon décroît de plus en plus, et même est nulle au-dessus de D, tandis que le contraire a lieu vers le pôle invisible B.

La situation de l'équateur EE′ (fig. 3), qu'on se figure comme un grand cercle tracé au ciel, et dont la moitié seule est visible, résulte de celle de l'axe PP′ auquel il est perpendiculaire. Qu'on mesure les angles *b*TD, *a*TD, que forment avec l'horizon les rayons dirigés vers une étoile circompolaire aux deux passages méridiens *a* et *b*, la différence de ces angles est *a*T*b*, ou la plus

grande excursion de l'étoile. En ajoutant PTb, moitié de cet angle, à bTD, ou, ce qui revient au même, prenant la moyenne entre les deux angles observés, on a l'angle PTD, qui est *la hauteur du pôle*, ou l'angle que fait avec l'horizon de l'observateur l'axe de rotation du ciel. L'inclinaison de l'équateur est l'angle ETD', lequel est complément du précédent, puisque PTE est droit, et que cet angle ETD', plus l'angle ETD, font 180°. Il est visible que *l'angle* ETD', *inclinaison de l'équateur sur l'horizon, est égal à* ZTP, *distance du pôle au zénith*, puisque chacun de ces angles, ajouté séparément à ZTE, donne un angle droit : cet angle ZTP est aussi le complément de la hauteur du pôle PTD.

Il est bien facile maintenant d'orienter la machine parallactique (fig. 2), c.-à-d. de lui donner la situation qui est propre aux observations indiquées page 4 : il faut que son axe fixe PP' soit parallèle à celui du monde ; et par conséquent que sa projection CD sur l'horizon soit la méridienne, et de plus, qu'il fasse avec cette droite un angle égal à la hauteur du pôle. Le cercle kk', perpend. à PP', est parallèle à l'équateur ; le plan mobile BKA, placé verticalement, est le méridien : dans toute autre situation, il est un cercle horaire, et l'angle horaire qu'on lui fait faire avec le méridien, se lit sur le cercle kk', d'après l'arc que l'aiguille Po a décrit dans le mouvement du plan ; on gradue ce cercle kk' de zéro à 180° des deux côtés du diamètre méridien.

9. Pour assigner la position d'un point M (fig. 5), on a coutume de le rapporter à deux lignes connues Xx, Yy, que nous supposerons rectangulaires : on abaisse de M les perpend. MP, MQ sur ces axes, et l'on donne ces deux distances. La situation de M est ainsi déterminée ; car en prenant sur Ay une longueur AQ égale à MP, et sur Ax, AP égal à MQ, les droites QM, PM, menées par les extrémités P et Q, parallèlement aux axes, formeront un rectangle AM, et le sommet M résultera de cette construction. Les longueurs PM, QM, parallèles aux axes Ax, Ay, sont appelées les *coordonnées* du point M.

Digitized by Google

Il est vrai qu'il faut qu'on sache en outre lequel des quatre angles formés par les axes, contient le point M; car la même construction pouvant être faite sur les prolongements des deux axes, on serait incertain entre les quatre points M, N, N′ et M′, qui remplissent les mêmes conditions de distances.

Imitons ce procédé pour assigner à chaque étoile la place qu'elle occupe sur la sphère céleste, en la rapportant à des lignes tracées sur sa surface. Par un point Q (fig. 1) menons le cercle horaire AQB, qui va couper l'équateur KIK′ en un point I; Q se trouvera déterminé si l'on connaît l'arc QI, qui mesure sa distance à l'équateur, et en outre l'arc ♈KI, compté de 0 à 360° sur ce cercle, à partir d'un point fixe quelconque ♈, *en faisant le tour du ciel, de l'ouest à l'est, en sens contraire du mouvement diurne.*

L'arc QI est ce qu'on nomme la *Déclinaison,* l'arc ♈KI est l'*Ascension droite* de l'étoile Q : la 1[re] est sa distance à l'équateur, la 2[e] est l'angle que forme son plan horaire AQI avec le méridien, à l'instant où le point fixe ♈, pris pour origine, s'y trouve. L'ascension droite peut être donnée en degrés, de 0 à 360, ou en temps de 0 à 24 heures : la déclinaison s'exprime en degrés de 0 à 90, en allant de l'équateur au pôle, et est le complément de la distance AQ de ce pôle à l'étoile, qu'on nomme *sa distance polaire,* $IQ+AQ=90°$; il faut en outre savoir si la déclinaison est boréale ou australe, c'est-à-dire si elle est comptée en-dessus ou en-dessous de l'équateur. Nous désignerons à l'avenir ces deux arcs coordonnés par *asc. dr.* et *décl.*

D'après cela, voici comment on compose un *catalogue d'étoiles,* tel que celui qu'on voit à la fin du volume : on règle une pendule sur les étoiles, en faisant compter 0^h à l'instant où l'une d'elles passe au méridien. Pour le moment nous n'avons pas besoin d'indiquer quelle est cette étoile ♈, et nous pouvons la choisir arbitrairement. On observe dans la lunette méridienne (nº 8) les heures, minutes et secondes où les autres étoiles viennent y passer à leurs tours respectifs, et l'on tient note de chaque passage, ainsi que de la hauteur de l'astre; ces données font connaître l'asc. dr. et la déclin. Car ces temps, expri-

més, si l'on veut, en degrés, à raison de 15° par heure (nº 7), donnent la direction de chaque plan horaire : si l'étoile Q (fig. 1) passe au méridien 2^h après l'étoile S, l'arc KI, qui mesure l'angle formé par leurs cercles horaires AKB, AIB, est de 2^h ou 30°; d'une autre part, si S est élevé d'une quantité connue au-dessus de l'horizon GG'; la déclin. SK est = SG'—KG', c'est-à-dire que *la déclinaison est la différence entre la hauteur méridienne et le complément de la hauteur du pôle.* La déclinaison est d'ailleurs boréale ou australe, selon que le 1[er] de ces arcs est plus grand ou plus petit que le 2[e]; ainsi un quart de cercle à lunette, fixé verticalement, et dirigé dans le plan du méridien, instrument appelé *mural*, donnera l'asc. dr. et la déclin. d'une étoile par une seule observation; l'heure sidérale du passage est l'une, et la hauteur, moins celle de l'équateur, est l'autre.

La machine parallactique pourrait également servir à la détermination de nos deux coordonnées. C'est ce qu'on peut conclure de ce qui a été dit page 6; l'ascension droite est donnée par l'alidade P'o', fig. 2, et la déclinaison se lit sur le cercle mobile AKB au point où la lunette est fixée pour s'aligner sur l'astre.

Une fois connues, l'asc. dr. et la décl. pour chaque étoile, si l'on veut imiter en petit les diverses configurations que présentent ces astres, on construira une sphère, mobile autour de l'un de ces diamètres destiné à représenter l'axe de rotation diurne AB (fig. 6); on tracera pour équateur un grand cercle KK' à égale distance des deux pôles A et B, perpendiculairement à l'axe AB, et l'on graduera ce cercle de 0 à 360°, en allant de l'ouest à l'est (c'est-à-dire de droite à gauche pour le spectateur supposé au centre de la sphère). Pour marquer la place d'une étoile, on portera, soit au-dessous de l'équateur, selon que la déclinaison est boréale ou australe, un arc perpend. à ce cercle, ou dirigé vers le pôle; on prendra cet arc d'un nombre de degrés égal à la déclin., en le faisant répondre à la graduation équatoriale indiquée par l'ascension droite. On en dira autant des autres étoiles, et l'assemblage des points ainsi

déterminés sera l'image des constellations, telles que ces groupes d'étoiles s'offrent à nos yeux. Nos cartes célestes ont été construites sur les mêmes principes, en plaçant chaque étoile au lieu qu'indique ces deux coordonnées, l'asc. dr. et la décl. Nous reviendrons, au reste, sur ce sujet.

Comme les observations prouvent que les distances mutuelles et les corrélations des étoiles n'éprouvent aucun changement sensible, les globes et cartes célestes servent à perpétuité à représenter les diverses constellations. Toutefois il convient d'avertir que certains phénomènes célestes dont nous parlerons plus tard, obligent d'apporter, après un long temps, des changements dans les globes et cartes célestes. Ce sujet sera traité avec les détails qu'il exige, lorsque nous aurons donné les développements convenables aux théories astronomiques.

Il suit de ce que nous avons exposé précédemment, que si la déclin. d'un astre est boréale, la partie gk (fig. 3) de son cours qui est au-dessus de l'horizon, surpasse celle $g'k$ qui est au-dessous; les points k, où se font le lever et le coucher, se rapprochent du nord D, et cela d'autant plus que la déclinaison est plus grande : l'étoile prend aussi plus de hauteur à son passage au méridien en g. Lorsque la déclinaison est égale ou plus grande que l'arc DE'=D'E= l'inclinaison de l'équateur, compl. de la hauteur du pôle, l'astre ne se couche plus; et même son cercle diurne AB, *ab* est d'autant moindre que la déclin. est plus grande.

Le contraire a lieu pour les déclin. australes, l'étoile est pour nous plus long-temps couchée que levée; les points K, où elle atteint l'horizon, se rapprochent du midi D'; la hauteur méridienne D'G est moindre que celle D'E de l'équateur; et si la déclinaison surpasse D'E, l'astre reste constamment sous notre horizon.

Figure de la Terre.

10. Il s'agit maintenant de chercher quelle est la forme de la terre, et d'expliquer comment il arrive qu'en quelque lieu que soit un spectateur, il se trouve placé au centre de tous les mou-

vements célestes, tels qu'ils nous paraissent se faire. Le premier sentiment fit croire que la voûte céleste touchait à la Terre, et s'appuyait, pour ainsi dire, sur elle aux bornes de l'horizon. Mais bientôt la Terre, qu'on supposait plane et limitée aux colonnes d'Hercule, prit plus d'étendue, et l'on éleva même des doutes sur l'existence de ces limites. On reconnut que tous les hommes ne comptent pas la même heure à l'instant où ils voient un phénomène céleste, tel qu'une éclipse de Lune. D'ailleurs la surface des mers n'est point plane : le navigateur, en approchant des côtes, aperçoit d'abord le sommet des édifices élevés; ce n'est que successivement qu'il en découvre les parties inférieures, que lui dérobait la convexité de la mer; même les meilleures lunettes ne peuvent faire distinguer à l'observateur placé sur le rivage, que le sommet du mât d'un navire éloigné; ce n'est qu'en s'approchant davantage que ce mât s'allonge, et qu'enfin on voit le corps du vaisseau. Si la mer était plane, ne devrait-on pas voir le navire avant son mât?

La rondeur de la mer une fois reconnue, il était facile de juger, qu'aux inégalités près, le continent devait également être arrondi. En effet, les montagnes les plus élevées ont à peine 3 à 4 lieues de hauteur verticale, quantité presque nulle quand on la compare aux dimensions de la Terre. D'un autre côté, le peu de rapidité des eaux qui coulent à la surface ne permet d'attribuer au sol et au cours des fleuves qu'une pente insensible vers la mer.

Enfin l'analogie conduit à penser que si nous étions transportés au loin, hors de la surface de la Terre, nous la verrions, comme le Soleil et la Lune, sous l'apparence d'un globe. Or, c'est précisément ce que les voyages de long cours viennent confirmer. Des navigateurs découvrirent un nouveau ciel, en perdant le nôtre de vue, et connurent la partie opposée de la sphère céleste. Magellan fit le premier le tour de la Terre, et cette entreprise, mille fois exécutée depuis, dans divers sens, a démontré que le voyageur qui procède sans cesse directement à l'est, revient enfin au point de départ, après avoir parcouru le tour entier de ce globe de 9000 lieues de circonférence. La même

chose arrive en s'avançant constamment dans une autre direction quelconque. Pour nous convaincre de ce fait, tous les passages nous sont ouverts, excepté les lieux voisins du pôle de notre globe, qu'un climat rigoureux rend à jamais inaccessibles. La Géométrie, qui nous enseigne à mesurer avec précision les distances, même celles des lieux que nous ne pouvons atteindre, donne à nos procédés géodésiques la rigueur qui la caractérise. Ainsi, nous devons reconnaître que le sol que nous habitons est un sphéroïde, qui ne nous semble être un plan plus ou moins inégal, que parce que nous n'en voyons que la petite portion qui nous entoure.

C'est donc un fait désormais incontestable que *la Terre a la figure d'un globe isolé de toute parts dans l'espace, et environné par le ciel* (n° 12). Les navigateurs ne se hasardent à franchir la vaste étendue des mers que parce que cette vérité leur est parfaitement connue; c'est sur elle que sont fondés les procédés de calculs qui leur font connaître chaque jour la place du navire sur le globe terrestre, lorsqu'ils n'ont pour se diriger au gré des vents que la vue du ciel : et la rondeur de la Terre est si certaine qu'en la prenant pour base de leurs recherches, ils ne se trompent pas dans leurs déterminations les plus délicates. En ne prenant ce fait que comme une hypothèse, il se trouverait donc ainsi démontré : mais toutes les observations célestes se réunissent pour l'accuser. Aussi les anciens philosophes en avaient-ils la certitude sans le secours des voyages. Lorsque Christophe Colomb partit pour la découverte de l'Amérique, il n'avait pas comme nous, dans les voyages de long cours, la preuve infaillible du fait que nous avons énoncé, et cependant il lui en restait un assez grand nombre d'autres pour en être convaincu. Ce sont ces preuves que nous allons exposer; et à proprement parler, la plupart des vérités que nous démontrerons par la suite n'en sont que des conséquences, et les faits se trouvent ainsi tellement liés entre eux pour composer un corps de doctrine qu'il n'y a qu'un aveuglement incurable qui puisse se refuser à une évidence aussi complète.

Si l'on a d'abord quelque peine à concevoir la rondeur de la

Terre, c'est qu'il se mêle à cette vérité une fausse idée de la pesanteur. On se demande pourquoi la Terre, ainsi isolée, ne tombe pas dans l'abîme, et comment elle peut être soutenue et nager sur le vide : on veut que les *Antipodes* ne puissent, comme nous, rester fixés au sol, et qu'ils aient besoin d'une puissance pour les y retenir. Mais la gravité est une force qui réside dans la Terre même, retient tout ce qui est à sa surface, et attire vers son centre les corps qui sont proches d'elle. L'action de *tomber* consiste donc à se diriger vers cette surface ou ce centre : les antipodes ne peuvent, non plus que nous, se soustraire à cette tendance sans une force expresse. D'ailleurs aucune résistance n'est nécessaire pour soutenir la Terre dans l'espace, si aucune puissance ne la sollicite vers quelque partie de cette région extérieure, qui n'a ni haut ni bas.

On a encore une preuve de la rondeur de la Terre dans la figure conique qu'affecte l'ombre portée par ce globe du côté opposé au Soleil. Nous ne pouvons encore parler de ce phénomène, qui se lie à la théorie des éclipses de lune (n° 66).

11. Qu'on mesure avec soin les angles aTZ, bTZ (fig. 3) que forment les rayons visuels dirigés de l'observateur T aux points a, b, avec la direction *verticale* ZT du *fil-à-plomb ;* la différence de ces angles donne l'angle aTb, qui est la plus grande excursion de l'étoile a. Il semblerait que cet angle devrait varier, quand l'observateur T change de place sur la Terre, puisque si le sommet d'un triangle s'approche ou s'éloigne de la base, l'angle doit croître ou diminuer. On reconnaît cependant que la valeur de l'angle aTb est la même, de quelque lieu qu'on l'ait prise ; ce qui doit d'autant plus surprendre, que les angles ZTa et ZTb changent avec ce lieu : AT, par exemple, sera la direction du fil-à-plomb pour un autre observateur, et les angles dont il s'agit seront remplacés par ATa et ATb. En effet, tout poids tend au centre d'attraction de la Terre ; deux fils-à-plomb doivent y concourir, et il n'est permis de les regarder comme parallèles, qu'autant que leur distance et leur longueur ne sont pas comparables aux dimensions de la Terre.

La mesure dont nous venons de parler, réitérée sur un grand nombre d'étoiles, conduit toujours à la même conséquence : l'angle aTb, ATB,...... varie pour les divers astres ; mais pour l'un quelconque, il est le même de quelque point du globe qu'on l'observe. On est donc contraint de reconnaître que les dimensions de la Terre, immenses relativement à nous, ne sont en aucune manière sensibles, quand on les compare à la distance des étoiles, ce qui prouve leur éloignement infini. Nous reviendrons bientôt sur ce sujet (p. 36) ; mais nous concluons dès à présent que *la Terre n'est réellement qu'un point dans l'espace*.

Cette proposition étonne au premier abord ; on a peine à croire que ce globe immense de près de 3000 lieues de diamètre ne soit qu'un atome insensible, quand on le compare aux distances du Soleil et des étoiles. Mais outre que ce fait vient d'être démontré, nous le verrons par la suite confirmé de plusieurs manières, en le rapprochant d'autres faits bien plus étonnants encore. On conçoit, d'après cela, comment il se fait que nos lunettes soient sans force pour agrandir les étoiles ; et en effet, le télescope d'Herschell, qui amplifie jusqu'à 6000 fois les objets, ne produit aucun grossissement sur ces astres, c.-à-d. qu'en rendant l'éloignement 6000 fois moindre, on ne s'est pas encore assez approché pour que le volume en paraisse sensiblement plus grand.

Quoique nous supposions à la voûte céleste la forme d'une sphère, et que nous considérions les étoiles qui la peuplent comme situées à sa surface et également éloignées de nous, il ne faut pas oublier que ce sentiment que la vue du ciel fait naître et que justifie l'infinie distance des étoiles, n'est ici qu'une conception géométrique qu'on ne doit pas prendre à la lettre. Nous ne l'employons que comme un moyen facile d'exprimer nos idées sur les relations de mouvement et de situation de ces astres ; et l'usage que nous en ferons par la suite ne détruira en rien la rigueur des démonstrations. Il sera d'ailleurs prouvé qu'il est faux que tous les astres soient à même distance de nous, et qu'au contraire ils sont plongés dans l'espace à des profondeurs très différentes.

Les dimensions de notre globe devant être considérées comme nulles relativement aux étoiles, si un observateur est en O (fig. 7), son horizon est un plan LI, tangent à la Terre; or ce plan peut visiblement être remplacé par tout autre plan parallèle, tel que DD′ mené en un lieu quelconque de la Terre, puisque ces plans se rencontrent à l'infini, où sont placées les étoiles. Il sera bientôt établi que la Terre a la forme sphérique, à très peu près; le milieu de l'axe de la Terre donne en C (fig. 6), le point qu'on nomme *Centre*, et par lequel nous concevrons à l'avenir que le plan de l'horizon DD′ est dirigé, perpendiculairement au fil-à-plomb ZC, mené au lieu O de l'observation. Il est encore évident que le rayon visuel OP (fig. 7), dirigé à une étoile quelconque P, fait, avec la verticale ZO, un angle POZ, qui ne peut différer de l'angle ZCP, formé au centre de la Terre, puisque les lignes OP et CP sont des parallèles qui se rencontrent à l'infini. Quand on observe une étoile, on peut supposer que l'œil est placé au centre de la Terre.

Si l'on conçoit par ce centre C (fig. 6) un plan EF perpendiculaire à l'axe PP′ de rotation du ciel, ce plan se nomme l'*Équateur;* on donne aussi ce nom, et celui de *ligne équinoxiale,* à la courbe de section que ce plan forme sur la Terre. L'équateur KK′ coupe l'horizon GG′ en deux parties égales, puisque ces deux plans passent par le centre C. Dans tous les lieux de la terre, l'étoile qui décrit l'équateur est 12 heures levée et 12 heures couchée, pour tout observateur.

12. On reconnaît encore la rondeur de la Terre par un simple déplacement à sa surface. Si la Terre a la figure d'un plan DD′ (fig. 3), en quelque lieu T qu'un observateur mesure l'angle PTZ formé par la verticale et le rayon dirigé au pôle, cet angle doit demeurer constant, puisque le pôle P étant situé à une distance infinie, les rayons TP seront parallèles, aussi bien que les verticales TZ. De plus, les cercles AB, ZR, *ab*... décrits par les étoiles, auront partout la même inclinaison sur la surface plane DD′ qu'on attribue au sol terrestre. Mais si la Terre a la figure d'un globe, cela n'aura plus lieu; car pour deux pays dont les

zéniths sont Z et Z′ (fig. 6), les horizons sont DD′ et *dd′*, et l'axe terrestre a des inclinaisons différentes qui sont les angles PCD, PC*d* : les plans des cercles décrits par les astres sont dans le même cas, puisque ces cercles sont perpendiculaires à l'axe PP′. C'est aussi ce qu'on observe. En s'avançant vers les régions situées du côté de l'étoile polaire, on la voit s'élever de plus en plus ; et quoique les cercles décrits par les astres y soient vus sous la même étendue que nous les voyons ici (n° 11), la situation de ces cercles y est moins inclinée sur l'horizon. Quelques-unes des étoiles qui se couchent pour nous, ne se couchent jamais pour ces peuples, tandis que d'autres astres, que nous voyons du côté opposé, cessent d'être visibles pour eux. C'est ce qui rend évidente la rondeur de la Terre, ainsi qu'on le reconnaît en faisant passer l'observateur de *o* en O, car l'horizon *dd′* devient DD′, l'angle PC*d* est remplacé par PCD, etc.

Pour tous les peuples situés entre le pôle A et l'équateur KK′, la sphère est dite *oblique* (fig. 6).

Pour l'habitant du pôle terrestre A, la polaire est verticalement au-dessus de sa tête, ou plutôt le zénith est le pôle céleste P ; l'horizon est le plan même de l'équateur EF ; les astres n'ont ni lever ni coucher, et ils décrivent des cercles parallèles à l'horizon : on dit alors que la sphère est *parallèle*. Au contraire, pour l'habitant K de l'équateur, les pôles P et P′ sont situés dans son horizon ; les étoiles décrivent des cercles verticaux, et la *sphère est droite ;* tous les astres sont visibles pour lui, et la moitié de leur cours est toujours au-dessus de l'horizon ; ceux qui sont dans l'équateur viennent tour à tour passer à son zénith, etc.

13. La *distance* de deux étoiles se mesure par l'angle que forment entre eux les rayons visuels de l'observateur à ces astres, et il est permis de supposer que cet observateur est placé au centre de la Terre (n° 11). L'angle ZCP (fig. 7), de valeur égale à ZOP, lorsqu'il s'agit des étoiles, est *la distance du pôle au zénith, distance qui est visiblement le complément à 90° de la hauteur* PCD′ *du pôle.* Ces angles varient avec la position des

observateurs. A l'Observatoire royal de Paris, l'élévation du pôle est de 48° 50′ 14″, et la distance du pôle au zénith est de 41° 9′ 46″.

Si du point O de la Terre OBK (fig. 6), on mène un plan OR parallèle à l'équateur, comme en faisant tourner le plan AOKB autour de l'axe PP′, ZC décrit un cône dont la base est le cercle OR, en même temps que le zénith Z trace dans le ciel un autre cercle dont tous les points ont la même distance au pôle P, il est visible que les habitants du cercle terrestre OR voient passer à leur zénith les points de ce cercle céleste, c'est-à-dire observent même distance du zénith au pôle qu'en O, et même élévation du pôle sur leurs horizons respectifs.

En général, le cercle céleste ZR (fig. 3), dont la distance ZP au pôle est complément de la hauteur PD du pôle, rencontre tous les astres qui, soit de jour, soit de nuit, viennent tour à tour passer au zénith Z, en 24 heures. Un second cercle qui a pour distance au pôle celle PD du pôle à l'horizon (complément de la précédente), rase l'horizon en D, et renferme toutes les étoiles qui ne se couchent jamais pour l'observateur dont le zénith est Z. Enfin l'astre n'est jamais visible si sa distance IP′ au pôle opposé est moindre que P′D′=PD= la hauteur du pôle visible. Ainsi, à Paris, le cercle décrit à 41° 10′ du pôle boréal, contient la série des points qui passent au zénith; et un autre cercle à 48° 50′ de ce même pôle, renferme tous les astres qui sont perpétuellement au-dessus de notre horizon.

Tous les points du cercle terrestre AQIB (fig. 1), qui sont sur un même plan mené par l'axe AB, ont même méridien; ils comptent ensemble la même heure solaire : ceux qui sont hors de ce cercle comptent des heures différentes. Si le Soleil L est actuellement dans le méridien AOKB, les habitants qui sont sur un autre plan horaire AQB, incliné de 30° sur AKB, ne l'ont dans leur méridien que 2 heures avant ou après les premiers, selon qu'ils sont placés sur la Terre à l'est ou à l'ouest du cercle AOK. Le Soleil passe donc au méridien deux heures avant ou après, selon que le cercle horaire AQB est à l'est ou à l'ouest du plan AKB, c'est-à-dire qu'il est dix heures, ou deux heures, en

Q, lorsqu'on compte midi dans les pays situés sur le cercle OKB. Cette différence d'heures est même sensible dans de petits voyages : lorsqu'on va de Brest à Strasbourg, on observe plus de $\frac{3}{4}$ d'heure de retard sur une montre réglée avec assez de précision pour rapporter l'heure au point de départ.

Les méridiens de Paris et du Caire font ensemble un angle de 30°. Cette dernière ville étant placée du côté du Soleil levant, on y compte midi, qu'il n'est encore que 10^h à Paris; nous avons midi, quand il est 2^h au Caire. Enfin, le voyageur qui ferait le tour du globe, compterait un jour entier de plus ou de moins, selon qu'il aurait marché vers le levant ou le couchant. En effet, s'il pouvait s'avancer vers l'occident, avec la même vitesse que le Soleil, il ferait en 24^h le tour entier du globe, en conservant perpétuellement la même heure; et de retour au point du départ, il n'aurait pas vu coucher le Soleil. Ce jour, qu'il compterait de moins, se trouve dispersé par portions sur chaque journée du voyageur, dont la vitesse est moindre que celle du Soleil, et qui changeant chaque jour de méridien, devance ou retarde son midi.

14. Qu'un événement instantané soit observé dans le ciel de divers lieux du globe, les habitants du même méridien compteront alors nécessairement la même heure; mais il n'en sera pas de même de deux observateurs placés sur des méridiens différents. En calculant la différence des heures sidérales correspondantes, à raison de 15° par heure, on pourra déterminer avec précision l'inclinaison de l'un de ces plans sur l'autre. Par exemple, s'il est 10^h pour l'un et 11^h pour l'autre, lorsque le phénomène a eu lieu, les méridiens sont inclinés de 15°.

Cette expérience facile, et qu'on a fréquemment répétée avec une précision extrême, a pu faire connaître la figure exacte de la terre. Si deux observateurs O et *o* (fig. 6) sous un même méridien terrestre AOK, ont à leurs zéniths Z et Z' des étoiles dont la distance polaire diffère de 1°, la différence des hauteurs du pôle sur l'horizon, c'est-à-dire l'angle OC*o*, sera pareillement de 1°. Qu'on mesure la distance O*o*, et qu'on répète la

même observation dans différents lieux, il est visible que s'il en résultait partout des longueurs égales pour l'arc de 1° des méridiens, on serait en droit d'en conclure que la terre est parfaitement sphérique. La condition que les points O et *o* soient sous le même méridien peut même être évitée, puisque la Géométrie enseigne à calculer les différentes parties d'une surface sphérique d'après la connaissance de quelques autres (*). Les procédés les mieux conçus et les plus précis ont été employés à cette importante opération par Picard, Bouguer, Mason, Méchin, Delambre..., et l'on n'a pu trouver quelque différence entre les longueurs des arcs de 1° du méridien, qu'en comparant des mesures prises dans des lieux très éloignés. Maupertuis et Bouguer ont obtenu l'un 57405 toises en Laponie, et l'autre 56737 au Pérou, pour la longueur de l'arc d'un degré du méridien terrestre : ce n'est que 668 toises de différence sur à peu près 57000. En France, Delambre a évalué le degré à 57007 toises, ce qui ne donne que 398 toises de moins qu'en Suède, et 270 de plus qu'à l'équateur. Il n'y a donc qu'une différence très petite entre les longueurs de l'arc de 1°, puisqu'elle n'en est guère que la 100ᵉ partie. Ainsi *l'on peut, par approximation, regarder la Terre comme sphérique*. Les dimensions de cette sphère sont ensuite faciles à conclure des données précédentes. Comme on est convenu de partager le degré en 25 lieues, on a trouvé que chaque lieue est d'environ 2280 toises, et que cette longueur varie un peu avec les divers points d'un méridien, en s'accroissant vers ses pôles.

18. Si en un lieu O (fig. 6) de la Terre, on conçoit un plan passant par le zénith et l'axe, ce sera le méridien de O, tel que

(*) Dans le triangle OQC (fig. 6), on a $OQ = OC \times \sin QCO$, et comme les circonférences, ou les arcs de même mesure, sont comme les rayons, cette équation revient à

Arc 1° de grand cercle = (*arc de 1° de cercle* OQ) : cos QCG,

relation qui sert à traduire les mesures prises sur des arcs parallèles à l'équateur, en arcs de même graduation pris sur l'équateur même ou sur le méridien.

le donnent les procédés astronomiques (page 10). Une lunette des passages étant dirigée horizontalement dans le méridien à la 1[re] station O, placez un signal *o* dans cette direction; transportez la lunette verticalement au-dessous de ce signal *o*, et dirigez-la sur la verticale de la 1[re] station O; vous pourrez marquer du côté opposé, et dans ce même alignement, un 3[e] point qui servira de 3[e] station, et ainsi de suite. Or, l'expérience apprend que toutes ces stations sont sur le méridien de O, c.-à-d. que ces opérations prolongées aussi loin qu'on voudra, donneront un arc du méridien terrestre, qui n'est, comme on voit, que la 1[re] direction pliée successivement sur l'horizon de chaque station, sans sortir de son plan vertical.

Les inégalités du terrain s'opposent à ce qu'on puisse mesurer exactement la longueur de cet arc : mais à l'aide d'une base horizontale de départ, et d'une chaîne de triangles dont ils mesurent les angles, les géomètres calculent la longueur de l'arc de méridien qui sépare les stations extrêmes, avec la même précision que s'ils eussent en effet mesuré directement cette longueur.

Maintenant, soient O et O' ces points extrêmes de l'arc mesuré (fig. 7); deux verticales OC et O'C seront dans le méridien et se croiseront en un point C, qui serait le centre du globe, la Terre étant sphérique, mais qui, en réalité, est différent du centre. Des rayons visuels dirigés à une même étoile quelconque P, sont parallèles, à cause de la distance infinie de cet astre; l'angle ZCZ' est donc la différence des distances zénithales, qui équivalent à ZCP, Z'CP, comme si les observateurs eussent été transportés en C. Que P soit le pôle céleste, l'angle ZCZ' est *la différence des distances du pôle au zénith, ou si l'on veut celle des hauteurs du pôle.* Cela a lieu, quelle que soit la figure de la courbe méridienne GAO'O.

On sait que tout arc de courbe OO' (fig. 8), qui a peu d'étendue, se confond sensiblement avec son cercle osculateur : ce qui est vrai en général, l'est surtout ici, puisqu'on trouve que le globe est peu différent d'une sphère. Or, nous connaissons l'angle OCO', ainsi que la longueur de OO', considérée comme

un arc de cercle dont le centre est en C; une simple proportion donnera donc la longueur de l'arc terrestre qui répond à un angle OCO′ d'un degré. Ainsi que nous l'avons déjà dit, c'est de cette manière qu'on a reconnu que les longueurs des arcs de 1° sur un même méridien, vont en croissant de l'équateur au pôle. Si l'on regarde un méridien terrestre GOP comme composé d'une série de petits arcs de différents cercles placés bout à bout OO′,O′O″,... puisque les plus longs arcs de 1° doivent appartenir au pôle et faire partie de cercles de plus grands rayons, on voit que les rayons de ces arcs vont en croissant de l'équateur GA au pôle P. Les verticales se croisent donc en différents points *m*, *n*, *p*, C,.. et plus loin au pôle qu'à l'équateur, c'est-à-dire que la Terre est moins convexe au pôle. Concluons de là que *la Terre est un sphéroïde aplati vers les pôles, mais très peu différent d'une sphère.*

Cette vérité qui avait été annoncée par Newton d'après d'autres vues théoriques, et antérieurement aux mesures directes du degré terrestre, est donc parfaitement constatée. Cependant un habile littérateur a prétendu qu'au contraire notre globe est allongé sous les pôles, en se fondant précisément sur le fait qui vient de nous servir à démontrer l'aplatissement des pôles : cette méprise, due à une complète ignorance de la Géométrie, ne mérite d'être signalée ici que comme une preuve des erreurs qu'on doit commettre, quand on se persuade qu'il suffit d'une imagination vive, et d'un style brillant et animé, pour se dispenser de l'étude des sciences dont on parle. Oser contredire Newton et toutes les académies, sans connaître le sujet qu'on traite ! c'est un acte auquel le génie même ne peut servir d'excuse.

16. Bien que la surface terrestre soit très irrégulière, même en la supposant dépouillée des petites inégalités qui forment les montagnes, on a reconnu qu'il y avait assez peu de différence entre les courbes méridiennes et des ellipses; on trouvera dans la *Géodésie* de Puissant, et dans la mienne, tous les développements qui servent à établir qu'on peut sensiblement *considérer la Terre comme un ellipsoïde de révolution autour de son petit*

axe AP, *qui est celui des pôles*. L'analyse très élevée sur laquelle ce théorème est établi, ne saurait trouver place ici. C'est en comparant les résultats de l'observation aux formules qui appartiennent aux dimensions de ce corps, qu'on est parvenu à vérifier cette conséquence, et à trouver les longueurs des arcs, l'aplatissement, la distance du pôle à l'équateur, enfin toutes les parties de notre sphéroïde. La théorie et les observations conduisent à prendre $\frac{1}{305}$ pour l'aplatissement, c.-à-d. que le demi-diamètre au pôle est moindre que celui de l'équateur de $\frac{1}{305}$ de ce dernier. M. Puissant évalue, avec le dépôt de la guerre, cet aplatissement à $\frac{1}{309,65}$. Voici les dimensions de la Terre en lieues de 2280 toises, et en toises, dans l'hypothèse d'un 305[e] pour l'aplatissement.

Demi-diamètre de l'équateur...	1435 lieues, ou	3 271 933 toises.
Demi-diamètre du pôle........	1430,4, ...	3 261 205
Demi-diamètre à 45°..........	1432,7...........	3 266 588
Aplatissement $\frac{1}{305}$	4,7	10 728
Longueur de 1° du méridien...	25	57 000
Quart du méridien de Paris...	2250,5...........	5 131 111.

Nous faisons ici abstraction des inégalités de la surface terrestre. En effet, les montagnes les plus élevées ne sont que de très petites éminences sur une masse aussi considérable. Le *Mont-Blanc*, montagne la plus haute d'Europe, n'a que 2450 toises d'élévation verticale au-dessus de la mer; le *Chimboraço*, au Pérou, n'est élevé que de 3351 toises; enfin, le *Dhawalagiri*, au Thibet, sommet le plus haut du globe, a 8556 toises. Ce ne sont donc que des irrégularités peu sensibles, quand on les compare aux dimensions de la Terre, et qui d'ailleurs sont si rares à la surface, qu'on doit ne les considérer que comme des accidents de localités. Si l'on représente la Terre par un globe de 8 pieds de rayon, ces montagnes n'y feront pas une éminence d'une ligne. M. Biot remarque que les aspérités de la peau d'une orange sont plus sensibles. La surface entière du globe terrestre est de 25 790 440 lieues carrées (environ 148 mil.

liards d'arpents, dont les trois quarts sont couverts par la mer; à peine la moitié du reste est habitée (à peu près 3 millions de lieues carrées).

Quant à la cause qui a produit cette forme aplatie de la Terre, nous nous proposons de l'exposer plus tard.

17. Pour déterminer la position de chaque point Q (fig. 1) du globe terrestre AKB, on imite ce qui a été fait n° 9; on rapporte ce point à deux arcs coordonnés. Soit mené par le point Q et le pôle A un méridien AQI; la distance QI du point Q à l'équateur, ou l'arc de cercle QI exprimé en degrés, est ce qu'on nomme *la Latitude terrestre*. Si l'on conçoit un plan OR parallèle à l'équateur, et mené à la distance OK=QI, il coupera la Terre suivant un petit cercle OR, dont tous les points auront la même latitude OK, ou la même distance à l'équateur KK'; les points de ce cercle OR sont les seuls qui jouissent de cette propriété. Remarquez seulement que,

1°. De l'autre côté de l'équateur, il y a un second cercle situé à la même distance OK, et qu'on doit indiquer si le point Q est situé vers le pôle boréal A, ou vers le pôle austral B;

2°. La latitude OK est le complément à 90° de la distance OA au pôle, et par conséquent est égale à l'arc AG, qui est l'élévation du pôle sur l'horizon. Notre définition de la latitude suppose que le méridien est une circonférence de cercle, c'est-à-dire que la Terre est sphérique. Mais il faut observer que si DD' (fig. 6) est l'horizon d'un observateur situé en un lieu O de la Terre, et Z son zénith, l'arc céleste OA, qui est la distance du pôle au zénith, est le complément à 90° de l'arc AG, élévation du pôle sur l'horizon, et aussi de l'arc OK, distance du pôle à l'équateur, quelle que soit la forme du sphéroïde terrestre: or, on a des procédés (n° 8) qui font connaître l'étendue de ces arcs, en sorte qu'on sait les mesurer dans le ciel, par observation, pour les divers points remarquables du globe, sans le supposer sphérique. En général, *la latitude terrestre, ou la distance du zénith à l'équateur, est égale à la hauteur du pôle, ou à l'inclinaison de l'axe sur l'horizon. Cette latitude est le complément*

Digitized by Google

de la distance du zénith au pôle, ou de l'inclinaison de l'équateur, complément qu'on appelle colatitude.

18. Il reste maintenant à distinguer les uns des autres les divers points du cercle OR (fig. 1). Concevons que, par un lieu K de l'équateur, on ait pris un méridien AOKB; l'angle qu'il fait avec le méridien AQB est mesuré par l'arc KI de l'équateur qui est intercepté : cet arc KI, exprimé en degrés ou en temps, se nomme *la Longitude terrestre* du point Q. Ce second méridien AIB est visiblement déterminé par l'arc KI, pourvu qu'on indique si le plan AQIB est placé du côté droit ou gauche du *premier méridien* AKB : la situation du plan AIB, et par conséquent celle du point Q, seront déterminées.

La position de ce premier méridien AKB est arbitraire, et les nations n'ont pu tomber d'accord pour choisir le même plan; chacune préfère celui de sa ville capitale. En France, on se sert du méridien de Paris. Pour déterminer la longitude d'un lieu Q, on emploie le procédé décrit n° **14**, qui consiste à observer avec soin, et à l'aide d'une bonne pendule, l'instant précis d'un phénomène céleste instantané, tel qu'une éclipse de lune, etc. Si l'observation a été faite en deux lieux différents S et Q, situés ou non sur le même *parallèle à l'équateur*, la différence des heures comptées à cet instant, réduites en temps sidéral, et en degrés à raison de 15° degrés par heure, donnera l'angle des deux méridiens, ou l'arc KI.

Le problème des longitudes consiste à connaître la différence, en temps sidéral, des heures comptées en deux lieux S et Q au même instant physique. On peut employer à cette recherche un bon chronomètre, exactement réglé dans sa marche, en se transportant aux deux pays, et comparant les indications de l'instrument aux heures qu'on y compte. Nous reviendrons plus tard avec détail sur ce sujet, et nous indiquerons divers procédés propres à résoudre ce problème.

La *Connaissance des Tems* renferme une table très étendue des longitudes et latitudes des principales villes du monde, rapportées au méridien de Paris.

Rotation diurne de la Terre.

19. Placés sur la terre, nous ne pouvons la voir sous la forme d'une sphère isolée dans l'espace; mais l'observation attentive des faits, nous a convaincus que si nous avions la faculté de nous transporter hors de ce globe, il nous présenterait la même figure que le Soleil et la Lune, sous des dimensions apparentes variables avec la distance. La raison a dissipé les erreurs d'une physique grossière. Ainsi, ses ont évanouies les fictions poétiques et leurs brillants prestiges. La Terre n'est pas un plan qui supporte la voûte céleste; Phébus n'éteint plus dans les flots ses feux brûlants; le Soleil se lève sans que l'Aurore ait ouvert la barrière à son char embrâsé; l'Olympe, enfin, n'est qu'une petite montagne de Thessalie que n'habite plus le maître du tonnerre.

Ce premier pas était le plus facile à faire. Mais la Terre est-elle en effet fixée au centre de l'univers qui tourne autour d'elle? Cette multitude d'astres sont-ils attachés à la surface d'une sphère mobile sur un de ses diamètres? Jusqu'ici les observations ne contredisent pas cette opinion. Subjugués par de trompeuses apparences, pour sortir de cette erreur, il faut surmonter des préjugés nés avec nous et que nos yeux confirment à chaque instant. Le philosophe qui vient affirmer que le ciel est immobile et que c'est, au contraire la Terre qui tourne, ose démentir le témoignage de nos sens. C'est en comparant entre eux les phénomènes, en saisissant leurs rapports, qu'il a reconnu les grandes lois de la nature, toujours empreintes dans leurs effets les plus variés.

Et d'abord, il nous est facile de nous assurer que les nuages sont beaucoup plus rapprochés de nous que les astres, puisqu'ils s'interposent toujours entre ceux-ci et nous; la Lune se place quelquefois de même au-devant du Soleil et des étoiles; elle les éclipse; ce qui prouve qu'elle est plus voisine de nous. On voit quelquefois la Lune, Vénus et Mercure se placer au-devant du Soleil; tous ces astres peuvent *occulter* les étoiles, comme ferait un nuage en passant entre elles et nous : ils sont

Google

donc à des distances très inégales de la Terre. De même il est vraisemblable que les étoiles ne sont pas toutes à la même distance de la Terre ; nous les voyons jouir d'un éclat très différent ; il en est des myriades qui sont imperceptibles, et dont nous ignorerions l'existence si nous étions privés de lunettes. N'est-il pas vraisemblable qu'ils sont plus distants que les autres ?

En outre, on est forcé de reconnaître que la Lune, le Soleil, plusieurs corps célestes nommés *Planètes*, ont une marche particulière, attendu qu'ils ne correspondent pas deux jours de suite au même point du ciel. Qu'on remarque près de la Lune, par exemple, quelque étoile brillante, et le lendemain on verra, ce qui n'arrive pas pour les étoiles entre elles, que leurs rapports sont changés. On doit donc nécessairement avouer que la Lune et les planètes ont un mouvement propre dans l'espace qui nous sépare des étoiles. On est même parvenu à évaluer la distance et le volume de ces astres intermédiaires. On sait, par ex., que le Soleil a un volume 14 cent mille fois plus gros que la Terre, que Jupiter s'éloigne à 180 millions de lieues, que Saturne parcourt 800 lieues par heure, etc. Ces assertions étonnent d'abord les hommes qui ne connaissent pas ce pouvoir qu'a la Géométrie de mesurer des distances inaccessibles, mais nous pouvons donner une idée claire de cette théorie.

On démontre que *la somme des trois angles de tout triangle quelconque vaut deux angles droits ou* 180 *degrés*. Voici l'idée qu'il faut attacher à cette proposition. Imaginons qu'on ait coupé vers leurs milieux les côtés d'un triangle ABC, et qu'après avoir séparé les angles, on ait accolé les côtés et les sommets pour en trouver la somme, ainsi qu'on le voit (fig. 53 et 54), savoir : l'angle fbc=A, fbd=B, abd=C, il arrivera toujours que la droite bc sera le prolongement de ba, et que cba sera une ligne droite, quels que soient d'ailleurs les angles et les côtés du triangle ABC. Et comme bi perpendiculaire sur ac, forme deux angles ibc, iba, qui sont droits ou de 90° ; on voit que la somme des trois angles est 2 fois 90° ou 180°, dans tous les cas. Le cercle décrit du centre b avec un rayon arbi-

traire, aura sa demi-circonférence comprise entre les côtés terminaux *bc*, *ba*.

Il suit de là que, si l'on a mesuré deux angles d'un triangle, on aura le troisième en retranchant leur somme de 180° : l'un des angles est toujours le supplément à 180° de la somme des deux autres. Par ex., si A a 60°, et C 40°, il faudra que B ait 80° pour que la somme soit 180°, et que les trois arcs de cercle qui mesurent les angles du triangle forment par leur réunion une demi-circonférence.

Par conséquent, si l'on a mesuré la longueur d'un côté CA du triangle, ainsi que les ouvertures de deux de ses angles, on pourra connaître les trois autres parties de ce triangle; car d'abord le troisième angle résultera de ce qu'on vient de dire, ou de la construction précédente. En outre, si l'on trace sur le papier une ligne AC, dont la longueur soit d'autant de parties d'une *échelle* quelconque, que le côté AC contient d'unités métriques; et si, à l'aide d'un *rapporteur*, on fait aux extrémités A et C de cette ligne des angles ayant les ouvertures données, les droites AB, CB, iront se croiser en un point B, et les longueurs AB, CB, exprimées en parties de la même échelle, seront celles des deux autres côtés du triangle.

On conçoit donc qu'il n'est pas difficile de trouver la distance BC d'un point C à un point inaccessible B, sans la mesurer actuellement; par exemple, d'évaluer la largeur d'une rivière sans la traverser; celle d'un étang, d'un parc, etc. : il suffira d'apercevoir ce point B des deux extrémités A et C d'une base AC, et de mesurer cette longueur AC, ainsi que les deux angles A et C.

Il est vrai que ce procédé graphique aurait peu d'exactitude, et que l'adresse du dessinateur, et la délicatesse des instruments y exercent beaucoup d'influence. Mais sans donner ici des explications qui nous écarteraient de notre sujet, il est manifeste que ce qu'on peut faire par le secours du tracé peut être remplacé par le calcul. La Trigonométrie est la science qui enseigne à faire ces opérations; et comme le calcul n'a aucune des imperfections des tracés, on se trouve conduit ainsi à des valeurs

numériques qui ont toute la précision des données, c'est-à-dire la précision des mesures qu'on a prises de AC, et des angles A et C : le calcul n'ajoute aucune erreur nouvelle aux petites erreurs des observations mêmes. Nous admettrons donc qu'on sait trouver avec précision, par le calcul, les distances AB, CB, d'un point B inaccessible, quand on connaît une base AC et les deux angles A et C du triangle ABC.

La remarque qui vient d'être faite sur les défauts des opérations graphiques, a beaucoup d'importance dans l'objet que nous avons en vue; car les imperfections du tracé sont d'autant plus grandes que le point B est plus éloigné de la base AC, parce que l'angle B devient plus aigu, et que le point B d'intersection des deux lignes AB, CB, devient alors plus douteux. Si AC est une base mesurée sur la Terre, et si B est la Lune, astre qui est le plus rapproché de nous, la somme des angles A et C est d'environ 179 degrés; en sorte que l'angle B ne peut guère dépasser un degré. Pour le Soleil et les planètes, qui sont beaucoup plus éloignés de nous, cet angle B n'est que de quelques secondes, et la construction devient tout-à-fait impossible; c'est donc au calcul à y suppléer, ainsi que nous supposons qu'on l'a fait.

20. Cela posé, qu'un astronome situé en A sur le globe terrestre AC (fig. 10), mesure l'angle BAZ, ou la distance d'un astre B au zénith Z, angle qui est le complément à 90° de l'angle BAH, hauteur de B sur l'horizon de A; il en conclura l'angle BAC, supplément à 180° de l'angle BAZ.

Si en même tems un second observateur, situé au centre C de la Terre, mesure aussi l'angle BCZ, distance de B au zénith Z, alors dans le triangle ABC, on connaîtra les trois élémens nécessaires pour trouver la distance BC de l'astre B au centre C du globe.

La supposition d'un spectateur situé à ce centre C est impraticable; mais nous verrons bientôt comment on y supplée. Vû des lieux A et C, l'astre B est rapporté en *a* et *c* sur la sphère étoilée, et cet arc céleste *ab* mesure l'angle B, qu'on ap-

pelle la *parallaxe de l'astre* B, car la voûte céleste peut être censée avoir son centre en B, son rayon étant infini ; ainsi *la parallaxe d'un astre est l'angle* B *sous lequel un spectateur placé dans cet astre verrait le rayon* AC *de la Terre, qui répond au lieu* A ; *c'est aussi l'arc ab de déplacement apparent de l'astre vû du point* A *et du centre* C *du globe.*

Quand l'astre est situé en B′ sur l'horizon du lieu A, la parallaxe AB′C est dite *horizontale ;* c'est la plus grande parallaxe que puisse avoir cet astre à la distance BC, ou B′C, à laquelle il se trouve : car on peut voir que cet angle B′ décroît à mesure que l'astre monte sur l'horizon, et qu'il devient même nul quand l'astre est au zénith, puisque les lignes AB, CB se confondent alors avec CZ. *La parallaxe de hauteur* B, *est d'autant plus petite que la hauteur de l'astre est plus grande.*

Enfin, il faut remarquer que si l'on mène CH′ et CI parallèles à AH et AB, la hauteur de l'astre B est l'angle BAH, pour le spectateur en A, et BCH′ pour le centre C ; or $BCH' = ICH' + BCI = BAH +$ la parallaxe de hauteur B ; c'est-à-dire que la hauteur sous laquelle, de la surface terrestre, nous observons un astre, est plus petite de toute la parallaxe, que celle que nous observerions du centre. Comme les tables astronomiques sont destinées à servir à toute la terre, on y a supposé le spectateur placé au centre ; et lorsqu'on veut faire usage de ces tables et les appliquer aux hauteurs observées de la surface, il faut corriger ces hauteurs, et y ajouter leur parallaxe pour les amener à être ce qu'elles eussent été si on les eût prises au centre du globe.

Pour un autre astre vû à l'horizon, la parallaxe horizontale B′ sera différente ; car cet angle B′ diminue quand la distance augmente : *la parallaxe horizontale croît avec la distance de l'astre ;* pour la Lune, elle est d'environ 1° ; pour le Soleil, elle n'est que de 8 secondes.

Voyons maintenant comment on a trouvé la parallaxe d'un astre sans recourir à des observations centrales qui sont impossibles.

Soit S (fig. 9) le Soleil, la Lune ou une autre planète. Si deux

spectateurs, placés en O et O′ sous le même méridien EOO′K, observent cet astre à son arrivée dans ce plan, l'un le verra suivant OS, et il lui paraîtra situé au point I où la sphère céleste est rencontrée par OS prolongé. L'autre verra cet astre en I′, suivant O′S. Ainsi les observateurs le jugeront en un lieu différent du méridien céleste, et s'ils en mesurent les distances à leurs zéniths Z et Z′, ils connaîtront les angles SOZ et SO′Z′, et par suite les supplémens SOC, SO′C. D'un autre côté, les rayons terrestres OC, O′C ont environ 1433 lieues de longueur (n° 16). Si E est un point de l'équateur, EO, EO′, sont les latitudes connues (n° 17) des points O et O′; la différence de ces latitudes est donc l'arc OO′ qui mesure l'angle OCO′ : si l'équateur E passe entre les deux stations, l'arc OO′ est la somme des latitudes, l'une boréale, l'autre australe : dans les deux cas cet arc OO′ est connu.

Il suit de là que dans le quadrilatère OCO′S, connaissant les angles SOC, SO′C, C et les côtés OC et O′C, il est facile d'en trouver les autres parties. En effet, si l'on trace sur le papier un angle égal à la différence ou la somme des latitudes, ou à l'angle C; qu'on prenne des parties égales à OC, O′C pour représenter le rayon terrestre; qu'on mène les lignes OS, O′S, formant avec OC et O′C des angles égaux à ceux qu'on a obtenus ci-dessus; le point S, où se croiseront ces deux droites, complètera le quadrilatère et sera la représentation du lieu de l'astre. Les autres parties de cette figure seront donc connues, savoir :

1°. Les distances OS, O′S aux lieux d'observation;

2°. L'angle OSO′ sous lequel un spectateur placé en S verrait la distance OO′ de ces lieux, c'est la somme des deux parallaxes OSC, O′SC;

3°. L'angle CSO, sous lequel on voit de l'astre S le rayon terrestre OC ou sa parallaxe;

4°. L'angle ZCS, qui est la distance de l'astre S au zénith, en supposant l'observateur O placé au centre de la Terre. Les dimensions de notre globe sont nulles si on les compare à la distance des étoiles (n° 11); mais il n'en est pas de même du So-

leil, de la Lune et des planètes. S étant l'un de ces corps, on ne peut plus remplacer la distance zénithale observée ZOS par l'angle ZCS dont nous avons ici la grandeur;

5°. Enfin, la diagonale SC, qui est la distance cherchée de l'astre au centre de la Terre. On mesurera combien OC est contenu de fois dans SC; ce sera le nombre de rayons terrestres contenus dans cette distance. On aura, par suite, le nombre de lieues qui l'expriment, en multipliant par 1433.

La supposition qui a été faite que les deux observations de distances aux zéniths ont été simultanées et vues sous le même méridien terrestre, serait assez difficile à remplir; mais elle n'est pas indispensable : seulement, quand cette condition n'a pas lieu, il faut tenir compte du changement de hauteur de l'astre dans l'intervalle écoulé, afin de réduire l'une des hauteurs à ce qu'elle serait si on l'eût observée sous le méridien de l'autre hauteur. Comme la marche ascensionnelle des astres est bien connue par expérience, ce petit calcul n'offre aucune difficulté.

C'est ainsi que les observations de Lalande à Berlin, et de Lacaille au cap de Bonne-Espérance, ont fait connaître la parallaxe de la Lune, tant à l'horizon qu'à toute hauteur : car on peut voir sur la fig. 10 que dès qu'on connaît l'un de ses arcs, on peut aisément trouver les autres, les parallaxes horizontale et de hauteur étant liées l'une à l'autre par une loi qu'il est facile de traduire en calcul.

Nous ne prétendons donner ici qu'une idée de la doctrine des parallaxes. Ce procédé graphique n'aurait aucune précision, parce qu'il se ressentirait de l'imperfection des instruments et du défaut d'habileté du dessinateur; d'autant plus que, pour faciliter les explications, nous avons beaucoup exagéré les véritables angles dans la disposition de la figure : d'ailleurs, la parallaxe OSC est un si petit angle, que notre construction serait impraticable. Mais nous n'avons en vue que de faire concevoir la simple possibilité de mesurer la distance des corps célestes, en laissant aux géomètres, ainsi qu'il a été dit, le soin de la calculer avec rigueur.

Digitized by Google

Admettons donc qu'on ait trouvé qu'un spectateur placé dans le Soleil S (fig. 9) ne voit le rayon OC du disque apparent de la Terre que sous un angle de 8",58"; une aussi petite parallaxe attestera combien doit être grande la distance de ces deux corps. Le calcul donne en effet pour cette distance près de 24000 rayons terrestres, ou de 34 millions de lieues. Au reste le procédé que nous avons exposé ne serait guère propre à donner avec précision un aussi petit arc; les astronomes ont recours à des moyens plus favorables, sur lesquels nous reviendrons plus tard, en parlant des passages de Vénus sur le Soleil.

De la Lune, un spectateur verrait le rayon de la Terre sous un angle d'environ 1°, ce qui prouve que la Lune est 400 fois plus proche de nous que le Soleil. En effet, la distance lunaire n'est que de 60 rayons terrestres (*voy.* n° 55), il faudrait juxtaposer en ligne droite 30 sphères égales à la Terre, pour atteindre jusqu'à la Lune, et 12000 pour aller jusqu'au Soleil. Si ces trois corps avaient leur centres en ligne droite, comme cela arrive dans les éclipses totales, la distance de la Terre à la Lune devrait être prolongée 400 fois plus loin pour atteindre le Soleil. Pour donner une idée de cet immense éloignement, nous ferons remarquer qu'un boulet de 24, chassé par 8 kilog. de poudre, parcourt au sortir du canon 420 toises par seconde, ce qui revient à 663 lieues par heure. Ce projectile, s'il conservait cette vitesse, parcourrait donc 15900 lieues par jour, et cependant, il lui faudrait environ 6 ans pour arriver au Soleil, tandis qu'il ne mettrait que 5 jours $\frac{1}{2}$ pour aller à la Lune.

Les distances et les parallaxes que nous venons de donner varient avec le lieu des astres et celui que l'observateur occupe sur la Terre; ainsi il ne faut pas prendre les nombres ci-dessus comme absolument exacts. Mais notre but n'étant maintenant que d'expliquer le mouvement de la terre, ces résultats moyens entre les plus grands et les moindres suffisent à notre objet. Nous reviendrons plus tard sur ce sujet, pour en faire apprécier toutes les conséquences.

21. Le *Diamètre apparent* d'un astre est le nombre de degrés sous lequel nous le voyons. Ce diamètre se mesure par le tems que l'astre met à traverser devant un fil très fin placé dans la lunette. On observe les momens précis où son bord vient toucher le fil, tant à son entrée qu'à sa sortie. La durée écoulée entre ces deux instans, traduite en degrés, à raison de 15° par heure (nº 7), donne le diamètre apparent, si l'astre décrit l'équateur. Dans le cas contraire, il faut multiplier par le cosinus de sa déclinaison (*voy.* la note nº 14). On peut encore placer au foyer de la lunette un réseau de fils parallèles très fins, et qui divisent le champ en espaces égaux. Ce réticule, qu'on nomme *Micromètre* quand l'un des fils est mobile, sert aussi à mesurer les diamètres apparens et les plus petits intervalles. On trouve ainsi que le diamètre du Soleil et celui de la Lune sont à peu près égaux à 32′ (*).

Une fois ce diamètre connu, ainsi que la parallaxe, le volume s'obtient aisément. Par exemple, le rayon de la Terre est vu du Soleil sous un angle de 8″,58, et celui du Soleil vu de la Terre est

---

(*) Voici le moyen que Rochon a employé pour mesurer avec précision les diamètres des planètes. On se sert d'un prisme de cristal de roche, qui jouit de la *double réfraction*, propriété qui consiste à *voir doubles* les objets qu'on regarde à travers ce minéral; l'écartement des deux images dépend des positions de l'œil, du cristal et de l'objet. Qu'à l'aide d'une lunette munie d'un de ces cristaux, on regarde de loin un disque noir peint sur un fond blanc, et qu'on place ce cristal dans le tube, de manière à présenter ces deux images en contact. On marque sur le tube la place où se trouve alors le cristal, correspondante au petit angle sous lequel le disque est vu; or cet angle est connu d'après le diamètre et la distance. On répète les épreuves avec différents disques, en changeant le lieu du cristal dans le tube, pour amener le contact apparent des disques. Chaque position répond à un diamètre connu; et l'on conçoit qu'il est facile de graduer le tube de la lunette pour des diamètres apparents croissant de seconde en seconde; d'ailleurs, des graduations égales du tube répondent à des accroissements égaux du diamètre. En dirigeant l'axe vers une planète et amenant la double image au contact, la graduation correspondante sur le tube de la lunette fait apprécier avec exactitude le diamètre de l'astre. C'est en perfectionnant cet ingénieux procédé, que M. Arago est parvenu à obtenir ces diamètres avec une extrême précision.

Digitized by Google

de 962″. On est donc bien assuré qu'à la même distance où le rayon solaire paraît de 962″, celui de la Terre semble être de 8″,58. Ces rayons étant entre eux dans le rapport de ces nombres (*), on a la proportion

$$8'',58 : 962'' :: \text{rayon terr.} : \text{ray. sol.} = \frac{96\ 200}{858} = 112.$$

Ainsi, *le rayon solaire est* 112 *fois celui de la Terre.*

Les volumes de deux sphères sont comme les cubes de leurs rayons. Le cube de 112 est 1 404 928; donc *le volume du Soleil est environ quatorze cent mille fois celui de la Terre.*

On trouve de même que *le rayon de la Lune n'est que les* $\frac{3}{11}$ *de celui de la Terre, et que son volume n'est que la* 49ᵉ *partie de celui de notre globe.*

La Lune et le Soleil nous semblent de grosseurs à peu près égales; mais cette apparence est bien trompeuse, puisque celui-ci étant 400 fois plus loin que l'autre, son diamètre véritable est 400 fois celui de la Lune; le volume du Soleil est quatorze cent mille fois plus gros que notre globe, qui lui-même est près de 50 fois celui de la Lune. On trouve que la Lune n'a que 780 lieues de diamètre, et n'est guère à plus de 86 mille lieues de nous, tandis que le Soleil a 320 mille lieues de diamètre, et est éloigné d'environ 34 millions de lieues.

(*) L'angle sous lequel nous apercevons les corps dépend de leurs volumes et de leurs distances; mais si le volume demeure le même et si la distance devient double ou triple, l'*angle optique* est réduit à la moitié ou au tiers. En effet, si l'observateur S (fig. 11) voit sous le même angle deux arcs *ab* et AT, et que celui-ci soit à une distance double, AT est aussi double de *ab*. On a en général S*a* : *ab* :: SA : AT, puisque les arcs sont décrits du même centre S. D'où il suit que plus l'arc *ab* s'éloigne de son centre S, et plus l'angle qu'il mesure décroît, dans le même rapport que la distance augmente. Dans le cas du Soleil et de la Lune, les arcs dont il s'agit étant très petits, sont pris pour leurs cordes.

On voit donc que si un corps s'éloigne en présentant ses dimensions dans une situation toujours parallèle, l'angle optique, sous lequel il sera vu, sera d'autant moindre, et ses dimensions nous paraîtront d'autant plus petites.

Pour nous faire une idée des grandeurs relatives de ces trois corps, concevons par la pensée qu'on ait amené le centre du Soleil à coïncider avec celui de la Terre, sans changer la position de la Lune; puisque la distance lunaire est de 60 rayons terrestres, et que le rayon solaire est de 112 fois le rayon de la Terre, on voit que le Soleil embrasserait la Terre, l'orbe entier dans lequel circule la Lune, puis s'étendrait presque une fois au-delà. L'imagination s'étonne au récit de ces faits incontestables; elle résiste à les croire, parce qu'ils sont hors de la portée ordinaire de notre esprit. Et que sont cependant ces distances et ces volumes, lorsqu'on les compare aux étoiles?

22. Revenons maintenant au mouvement des astres.

Lorsque, placés sur un bateau qui descend le courant d'un fleuve, nous jetons les yeux sur le rivage; les arbres, les coteaux, semblent courir en sens contraire, avec une rapidité qui diminue quand ces objets s'éloignent. Sans l'expérience, qui nous apprend que tout est immobile, excepté le bateau et le fleuve; sans les secousses, qui parfois troublent notre repos apparent, ne croirions-nous pas que c'est le rivage qui se meut? Comme ces apparences ne résultent pas d'un mouvement volontaire imprimé par nos muscles, nous attribuons le déplacement des objets à un mouvement qu'ils ont reçu, et nous nous jugeons dans l'état d'immobilité.

Rien ne peut de même nous garantir que ce soit le ciel qui tourne autour de nous. Il est certain qu'un spectateur placé dans le Soleil se croirait en repos et verrait la Terre tourner autour de lui. Les apparences seront donc les mêmes pour nous, soit qu'en effet le ciel exécute toutes les 24^h sa rotation d'orient en occident, autour de la Terre fixée dans l'espace; soit, au contraire, que la Terre tourne sur son axe en sens opposé, ou d'occident en orient, pendant que le ciel resterait immobile.

Quant à la direction opposée de ces deux mouvements, il est aisé de la concevoir. Si la Terre placée en C tourne sur elle-même, et que le rayon visuel CO' (fig. 9), entraîné par cette rotation,

prenne la position CO, l'extrémité O' aura décrit l'arc O'O, et le point O', aperçu dans la direction primitive CO', sera remplacé par O. Si l'on veut diriger l'œil sur le point O', il faudra faire rétrograder le rayon CO en CO', dans le sens contraire du mouvement réel; en sorte que le point immobile O' nous aura paru s'éloigner de la quantité OO', et décrire l'arc OO' de même valeur angulaire que celui que notre rotation nous a fait parcourir, mais en sens opposé.

Il s'agit maintenant de choisir entre deux suppositions qui expliquent également les faits observés. L'une, qui s'accorde mieux avec le témoignage de nos sens et fait tourner le ciel d'un mouvement général autour de nous, et l'autre, qui pourtant est seule admissible, attribue à la Terre une rotation sur son axe, la sphère céleste restant immobile. On est forcé d'opter entre ces deux systèmes.

D'abord, si la Terre COG tourne, chaque point O (fig. 6) de surface décrit un cercle OR, dont le rayon est la distance OQ à l'axe AB. Le pôle A est en repos, et la vitesse s'accroît en approchant de l'équateur KK', qui est une circonférence dont le rayon est de 1435 lieues et le périmètre 9020 lieues (n° 16). Tel est l'espace que parcourt en 24^h chaque point de l'équateur, environ 376 lieues par heure, ou $6\frac{1}{4}$ lieues par minute, ou enfin 238 toises par seconde; vitesse considérable, puisqu'elle surpasse celle du son, et est environ moitié de celle d'un boulet au sortir du canon. Mais si cette rapidité étonne assez l'imagination pour la porter à rejeter le mouvement de la Terre, il faut, en supposant ce globe immobile, admettre la rotation du ciel.

Or, si le Soleil tourne en 24^h autour de nous, sans parler de la force immense capable d'imprimer un mouvement rapide à une masse aussi énorme, quelle prodigieuse vitesse que celle d'un corps qui décrirait en 24^h un cercle de 34 millions de lieues de rayon! N'effraie-t-elle pas l'imagination? Et l'hypothèse du mouvement du Soleil n'est-elle pas bien plus inconcevable que celle du mouvement de la Terre? Cet astre devrait en effet parcourir plus de 2600 lieues par seconde.

Pourtant ce n'est rien encore! Et ces étoiles situées à des distances infinies, elles tourneraient aussi autour de nous, accomplissant en 24^h le cercle entier! Leur vitesse serait immense, même comparée à celle du Soleil. Comme elles n'ont pas de parallaxe, nous n'en pouvons apprécier ni la distance, ni le volume; mais nous démontrerons que cette distance est au moins de 7000 milliards de lieues. Une étoile équatoriale décrirait donc plus de 517 millions de lieues par seconde. La petitesse de ces corps n'est qu'apparente à raison de leur éloignement. Si quelqu'une avait $1''$ de diamètre apparent, elle ne pourrait être contenue dans l'espace qui nous sépare du Soleil (nº 29). Que de circonstances propres à faire rejeter l'hypothèse du mouvement d'astres qui, probablement, sont à des distances très différentes de nous, et qui pourtant tourneraient en conservant leurs rapports mutuels!

S'il ne nous est pas démontré que les étoiles soient à des distances inégales de la Terre, du moins, pour les planètes, le Soleil et la Lune, cette vérité est constatée; et puisque ces astres participent au mouvement général, on rencontre ici une nouvelle objection contre l'immobilité de la Terre. Il faudrait donc que ces astres eussent des vitesses respectives telles, qu'étant proportionnelles à leurs distances, lesquelles varient sans cesse, elles s'accordassent à les présenter ensemble sous la même apparence que si la Terre tournait? Ce concert paraît encore plus impossible à admettre pour les comètes, qui se meuvent dans toutes les directions et avec toutes les vitesses, et qui cependant sont soumises à la loi générale de révolution en 24^h autour de nous, révolution altérée de la petite quantité qui est due à leur mouvement propre.

Encore si cette unanimité de relations, si constante au milieu de tant de variations régulières, offrait quelques minutes de différence! Mais l'égalité est parfaite, ou plutôt le mouvement diurne est le seul exemple d'uniformité qu'il y ait au monde. Et comment croire que la Terre, ce point insensible de matière, est seule immobile au milieu de tous les corps célestes si immenses, et si rapidement animés?

Lorsqu'on fait circuler une fronde, la main qui la meut éprouve un effort dans la tension du cordon qu'elle doit retenir. Dès que cette action cesse, le projectile, qui n'est plus lié au centre, s'échappe. La puissance qui tend ce cordon est la *force centrifuge*. Tout corps qu'on fait circuler autour d'un centre tend à s'échapper par la tangente au point où il se trouve sur la courbe qu'il décrit, et la force centripète s'exerce à le retenir. Le calcul prouve que cette force croît comme les masses et les carrés des vitesses. Combien serait immense la puissance capable de retenir ainsi le Soleil et les étoiles dans leurs orbites ?

Pour que la Terre fût immobile, il faudrait donc que cet atome fût capable d'exercer une action qui embrassât d'innombrables corps situés à des distances que l'imagination ne peut concevoir, dont la vitesse serait prodigieuse et très inégale ; que cette action, au lieu de s'affaiblir avec la distance, s'accrût et se proportionnât de manière à produire un mouvement constant et uniforme : et comme les centres des circonférences décrites sont situés sur l'axe indéfini de la Terre, ce serait cet axe, c'est-à-dire une ligne fictive, sans matière et sans limites, qui aurait la faculté de détruire toutes les forces centrifuges ! Le mouvement du ciel est donc contraire aux lois de la Mécanique, et tout conspire à nous prouver que *la Terre a un mouvement uniforme de rotation en* 24^h *sidérales, d'occident en orient, autour d'un axe fixe allant d'un pôle céleste à l'autre ; tandis que les étoiles demeurent fixes dans l'espace.*

Ce qui nous persuade que notre globe est immobile, c'est un sentiment d'amour-propre qui nous fait tout rapporter à nous ; la philosophie doit faire justice de cette erreur. Peut-être aussi vient-elle d'un principe religieux mal entendu qui nous égare. Mais, au contraire, n'est-ce pas attaquer la majesté du Créateur, que réduire la création à n'avoir d'autre objet que la Terre, qui n'est qu'un atome dans l'espace.

Jusqu'ici nous n'avons présenté le mouvement de la Terre que comme une hypothèse d'une probabilité presque infinie. Mais nous aurons par la suite des preuves directes, et qu'on peut appeler mathématiques, de ce mouvement : on tire ces preuves de

l'attraction, de l'aberration, de la précession, de la nutation et des rétrogradations des planètes. La suite de l'ouvrage établira de plus en plus cette vérité.

Exposons plusieurs faits qui résultent de ce mouvement.

1°. La pesanteur est l'effet de l'attraction que la Terre exerce sur les corps. On reconnaît que les oscillations d'un même pendule sont plus lentes sous l'équateur, toutes choses égales d'ailleurs. Cette expérience, très simple, prouve que *les corps pèsent de plus en plus à mesure qu'on approche des pôles.* Comme on sait que le rayon terrestre est plus long sous l'équateur (p. 29), et que d'ailleurs la pesanteur décroît en s'élevant sur de hautes montagnes, c'est-à-dire en s'éloignant du centre de la Terre (296), il semble qu'on devrait attribuer à ce principe la diminution des poids sous l'équateur. Mais les rayons terrestres sont presque égaux, et le calcul prouve que si cette cause était seule, le pendule qui bat les secondes au pôle, ne devrait être accourci que de $1^{lig.},53$ pour les battre encore sous l'équateur, tandis qu'il faut en effet l'accourcir de $2^{lig.},44$. Ainsi cette cause ne suffit pas pour expliquer le décroissement de vitesse, qui est plus grand qu'elle ne le supposerait.

Si la Terre, COG (fig. 6) tourne, la force centrifuge croît avec le rayon QO du cercle décrit par chaque point O, rayon qui n'est celui CK de la Terre que sous l'équateur même, qui est nul sous le pôle A, et qui, pour tout point O intermédiaire, est la perpendiculaire OQ à l'axe PP' de rotation. Le ralentissement du pendule sous l'équateur dépend donc de l'accroissement de la distance au centre d'attraction, et de celui de la force centrifuge : le résultat observé est la somme des effets dus à ces deux causes, et le calcul peut faire la part de chacune. L'attraction du globe varie avec la densité de ces couches intérieures qui sont inconnues ; pour que les observations de longueur du pendule s'accordent avec le calcul, il n'est pas possible d'admettre que la Terre soit homogène, parce qu'il en résulterait une diminution de pesanteur sous l'équateur, moindre qu'elle n'est en effet ; tandis qu'on trouve un accord admirable en admettant que *la densité du globe va en croissant de la surface au centre.*

Digitized by Google

Les expériences du pendule, en même temps qu'elles montrent que la Terre tourne sur son axe, permettent donc, pour ainsi dire, de descendre dans son intérieur, pour apprécier la nature des couches qui la composent : les observations du pendule s'accordent assez bien à donner le degré d'aplatissement du globe que nous avons trouvé, d'après des mesures géométriques (p. 30). Voyez ma *Géodésie*, n° 276.

La force centrifuge sous l'équateur est, à très peu près, le 289e de la gravité au pôle; en sorte que les corps perdent, par cette cause, le 289e de leur poids, en passant du pôle à l'équateur : or 289 est le carré de 17; la force centrifuge croît d'ailleurs comme les carrés des vitesses de circulation; d'où il suit que si la rotation terrestre devenait tout à coup 17 fois plus rapide, les corps pèseraient moins, et même, sous l'équateur, ils seraient sans poids : pour une vitesse plus grande encore, les corps s'y échapperaient de la Terre à la manière des pierres lancées par les volcans, ou de l'eau et des sables qui se sont attachés à la roue d'une voiture en mouvement.

La Terre n'étant pas exactement sphérique, sa figure est une autre cause de diminution de la pesanteur, qu'on évalue de l'équateur au pôle à $\frac{1}{590}$: cette fraction, ajoutée à $\frac{1}{289}$ produite par la force centrifuge, on trouve, à très peu près, $\frac{1}{194}$ de décroissement; c'est-à-dire que sous l'influence de ces deux causes, un poids de 194 liv. sous l'équateur, peserait 195 liv. transporté au pôle.

D'ailleurs cette variation de poids ne peut être accusée par le secours d'une balance, puisque le poids équilibrant éprouvant aussi le même changement que le corps pesé, devra être le même en tout lieu. Mais on fait les pesées avec un ressort ou *peson*; ou plutôt, on se sert d'un pendule dont la durée des oscillations offre un moyen très précis de vérifier notre proposition. En effet, la Mécanique enseigne à déduire la force de la pesanteur du nombre d'excursions accomplies par un pendule invariable, pendant un temps connu.

2°. En considérant la figure de la Terre, et la loi de croissance de sa densité vers le centre, on est porté à croire que par

l'effet des révolutions, ou par la nature de sa constitution originaire, sa surface n'a pas toujours eu cette dureté qu'elle a maintenant; puisque si elle a été autrefois dans un état de mollesse, ses parties, soumises à la pesanteur et à la force centrifuge, ont dû, avant leur endurcissement, obéir, selon les lois de la Mécanique, à l'action d'une force centrifuge croissante du pôle à l'équateur. Imaginons un tube courbé, dont une branche irait au pôle, et dont l'autre suivrait la direction d'un rayon de l'équateur; dans ce siphon, ouvert aux deux bouts, mettons un fluide. La colonne qui va au pôle n'éprouvant que l'action de la gravité, tandis que la colonne équatoriale est en outre animée par la force centrifuge, l'équilibre du fluide dans ce siphon forcera la colonne de l'équateur à s'élever plus haut, pour que la diminution de poids soit compensée par l'accroissement de matière fluide. Les diverses mesures du degré terrestre ont montré que *le globe a la forme d'un sphéroïde aplati sous les pôles :* et le calcul prouve que, dans notre hypothèse de fluidité primitive, et pour diverses lois probables d'accroissement de densité vers le centre, l'aplatissement ne dépasse pas la limite d'un 305e que nous avons obtenue (n° 16).

Nous croyons utile d'ajouter à ces réflexions, celles que M. Arago a présentées avec talent et clarté dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour l'année 1834. Ce sujet est d'un haut intérêt, puisqu'on y trouve l'explication de l'aplatissement de la Terre.

« *A l'origine des choses, la Terre était probablement incandescente. Aujourd'hui elle conserve encore une partie notable de sa chaleur primitive.*

» Nous aurons fait un premier pas vers la démonstration de ces deux propositions capitales, si nous parvenons à découvrir dans quel état, soit fluide, soit solide, se trouvait la Terre à l'origine des choses. »

Si la Terre était déjà solide quand elle commença à tourner sur son centre, la forme qu'elle avait accidentellement alors, a dû se conserver à peu près intacte, malgré le mouvement de rotation. Il n'en serait pas de même dans la supposition

Digitized by Google

contraire. Une masse fluide prend nécessairement, à la longue, la figure d'équilibre correspondante à toutes les forces qui la sollicitent ; or, la théorie montre qu'une telle masse, supposée d'abord homogène, doit s'aplatir dans le sens de l'axe de rotation, et se renfler à l'équateur : elle donne la différence de longueur des deux diamètres ; elle fait connaître que, dans l'état final d'équilibre, la figure générale de la masse est celle d'un ellipsoïde; elle signale les modifications qui peuvent résulter, dans les hypothèses physiques les plus vraisemblables, d'un défaut d'homogénéité des couches liquides. Tous ces résultats du calcul se concilient à merveille quant à leur ensemble, et même quant à leurs valeurs numériques, avec les nombreuses mesures de la Terre qu'on a faites dans les deux hémisphères. Un tel accord ne saurait être l'effet du hasard. *La Terre a donc été anciennement fluide.*

« Reste à découvrir la cause de cette antique fluidité ; cette cause est *le feu ;* mais il s'en faut de beaucoup qu'on se soit unanimement accordé sur ce point. Les géologues de l'*École Neptunienne* n'ont voulu admettre qu'une fluidité aqueuse. Suivant eux, les matières terrestres, dont les propriétés sont si diverses, étaient originairement dissoutes dans un liquide, et la charpente solide du globe s'est formée par voie de dépôt ou de précipitation. Les *plutoniens,* de leur côté, rejettent toute idée de dissolvants. Pour eux, la fluidité des principes constituants du globe, fut jadis le résultat d'une très haute température ; la surface s'est solidifiée en se refroidissant.

» Les deux écoles, j'ai presque dit les deux sectes, tant elles montrèrent d'acrimonie, se combattirent par des arguments peu décisifs, empruntés aux phénomènes géologiques, et qui laissaient les esprits rigides en suspens. Le vrai moyen de mettre un terme aux débats était évidemment d'examiner s'il existait au sein du globe des restes, des indices certains de la chaleur d'origine invoquée par les plutoniens. Tel est le problème dont les physiciens et les géomètres, par des efforts communs, sont parvenus à donner une solution satisfaisante.

» Dans tous les lieux de la Terre, dès qu'on est descendu à une certaine profondeur, le thermomètre n'éprouve plus ni variation diurne, ni variation annuelle; il marque constamment le même degré, et la même fraction de degré, pendant toute l'année, et pendant toutes les années. Voilà le fait: que dit la théorie?

» *Supposons un moment que la Terre ait reçu toute sa chaleur du Soleil.* Le calcul, *fondé sur cette hypothèse*, nous apprendra 1°. qu'à une certaine profondeur la température sera invariable; 2°. que cette température *solaire* de l'intérieur du globe change avec la latitude. Sur ces deux points, la théorie et l'observation sont d'accord; mais nous devons ajouter que, d'après la théorie, dans chaque climat, la température constante des couches terrestres serait la même à toutes les profondeurs, du moins tant qu'on ne s'enfoncerait pas de quantités fort grandes relativement au rayon du globe. Or, tout le monde sait aujourd'hui qu'il n'en est pas ainsi : les observations faites dans une multitude de mines, les observations de la température de l'eau d'un grand nombre de fontaines jaillissant venant de différentes profondeurs, se sont accordées à donner un accroissement d'un degré centigrade pour 20 à 30 mètres d'enfoncement. Quand une hypothèse conduit à un résultat aussi complétement en désaccord avec les faits, elle est fausse et doit être rejetée.

» Ainsi il n'est point vrai que les phénomènes de température des couches terrestres, puissent être attribués à la seule action des rayons solaires.

» L'action solaire une fois éliminée, la cause de l'accroissement régulier de chaleur qui s'observe en tout lieu à mesure qu'on pénètre dans l'intérieur du globe, ne saurait être qu'une chaleur propre, une chaleur d'origine. La Terre, comme le veut l'école plutonienne, comme le voulaient Descartes et Leibnitz, mais les uns et les autres, il faut l'avouer, sans aucune preuve démonstrative, est devenue aujourd'hui, définitivement, *un Soleil encroûté*, dont la haute température

4..

pourra être hardiment invoquée, toutes les fois que l'explication des phénomènes géologiques l'exigera. »

Nous ne suivrons pas le savant académicien dans l'examen qu'il fait de la question qui a pour objet de découvrir combien il a fallu de siècles pour refroidir la Terre, à partir de son époque de fluidité incandescente, où il prouve que depuis 2000 ans la température générale de la Terre n'a pas varié d'un dixième de degré, etc. Toutes ces considérations physiques d'un haut intérêt sont étrangères au sujet que nous traitons.

On doit donc accorder comme une vérité acquise à la science et devenue classique, que dans l'origine la Terre était à l'état de fluidité, sous l'influence d'une température excessivement élevée ; que ses particules de densités diverses, dociles aux lois de l'attraction qui les sollicitait, se sont disposées dans l'intérieur par couches ; que le système général de ces couches a pris la figure d'un ellipsoïde de révolution aplati sous ses pôles, en vertu de la force centrifuge qui agissait sur la masse, par suite de la rotation diurne autour d'un axe ; que la chaleur, en se dissipant dans l'espace par l'effet du rayonnement, a permis à la surface de se refroidir et de se solidifier, jusqu'à une certaine profondeur, en conservant la forme d'un ellipsoïde qu'elle avait d'abord ; qu'à peu de distance de cette surface (peut-être trois ou quatre lieues), la matière est encore à l'état de fluidité ignée (*) ; que le refroidissement par rayonnement étant compensé par la chaleur qui nous vient du Soleil, tout est actuellement devenu permanent, sans que le

(*) C'est à cette circonstance qu'il faut rapporter l'existence des sources chaudes, dans toutes les contrées où il n'existe aucuns feux volcaniques. Tantôt, l'eau obéissant à la pesanteur, descend par toutes les issues qui lui sont ouvertes dans l'intérieur de la Terre, y reçoit la température de ces profondeurs, et pressée par la charge supérieure, remonte, comme dans un siphon, par d'autres voies qu'elle rencontre, et se répand enfin sur le sol, ainsi qu'il arrive aux puits artésiens : tantôt, ce liquide pénétrant jusqu'aux couches profondes dont la température peut le réduire en vapeur, remonte par des fissures et se condense près de la surface, où il se mêle aux eaux

siècles futurs puissent changer l'épaisseur de la croûte solide, ni la température de la masse liquide; qu'enfin, les montagnes ne sont que de faibles dérangements de localités, produits soit par des soulèvements partiels, soit par des causes accidentelles.

3°. Lorsqu'on abandonne un poids à la gravité, il tombe, et sa direction doit être verticale, si la Terre est immobile. Mais si ce globe tourne, tout corps participe à sa vitesse dès le commencement de sa chute; il a une vitesse horizontale, outre l'action verticale de la gravité. D'après les lois de la Mécanique, le corps, obéissant à cette double force, doit tomber encore verticalement, quand le point de départ a sensiblement la même vitesse que le sol. C'est à peu près ce qui arrive sur un vaisseau qui s'avance sans secousse; tout s'y passe comme s'il était en repos.

Mais si le sommet est très élevé, la circonférence qu'il décrit est plus étendue, et la vitesse plus grande qu'à la base, dans le sens horizontal, de l'occident vers l'orient; ainsi le corps ne tombera plus verticalement, et se rapprochera un peu de l'est. Cette expérience très délicate, parce qu'elle ne conduit qu'à 3 ou 4 lignes de déviation pour une chute de plus de 200 pieds, a été plusieurs fois tentée, et on l'a toujours trouvée d'accord avec la théorie. Mais on sent qu'elle doit inspirer peu de confiance à raison de la petitesse des quantités qu'on y considère. Il nous suffit ici que l'hypothèse du mouvement de la Terre ne soit pas contredite.

---

naturelles, dissolvant les sels qu'il a rencontrés dans sa route. Cette explication si simple et si naturelle de l'existence des eaux thermales s'accorde parfaitement avec tous les faits observés; car ces sources ont des températures diverses dans des localités très voisines, telles que celles de Plombières, bains Luxeuil; celles du Mont-Dore, de la Bourboule, et de Chaudesaigues, etc. Ici la température reste constamment la même; là elle varie plus ou moins avec les saisons, ou par l'abondance des eaux pluviales; presque partout les sels et les gaz dissouts, variables avec les sources, sont constants dans chacune en nature et même en proportion, etc.

4°. La rotation de la Terre est la cause des *vents alisés*, qui soufflent constamment de l'est dans les régions équatoriales. En venant d'Europe, on trouve près du tropique le vent de nord-est; vers la *ligne*, il est à l'est; il se rapproche du sud-est à mesure qu'on tend vers le tropique austral. Voici la cause de ces effets : l'air, échauffé par l'action permanente du Soleil, se dilate et s'élève, pour se porter ensuite vers les pôles; tandis que l'air plus dense des pôles afflue par des routes diverses, pour remplir le vide sous l'équateur. Dans son contact avec la Terre, l'atmosphère participe à la vitesse de rotation de la zone qu'elle occupe : les particules d'air, en arrivant aux parallèles équatoriaux, devront donc acquérir plus de vitesse, si elles restent assez longtemps en contact avec le globe; mais comme l'air s'y dilate et s'élève avant cet instant, jamais l'atmosphère n'y est poussée d'une vitesse aussi grande que celle de la Terre; les arbres, les maisons, les montagnes, les voiles des navires, tournent donc plus vite que l'air et le frappent de l'ouest à l'est avec tout l'excès de leur vitesse; d'où résulte le même effet que si, la Terre étant immobile, le vent d'est soufflait.

L'argument que fournissent les vents réguliers pour prouver le mouvement diurne de la Terre, exige quelques développements que nous tirerons du *Traité d'Astronomie* de Sir J. Herschel. (Traduction de M. Cournot.)

« Un phénomène qui doit son existence au mouvement de rotation de la Terre, est celui des vents alisés. Ces immenses courants de l'atmosphère, si importants pour la navigation, résultent d'une inégalité dans les températures aux différentes latitudes, produites par l'inégalité de l'action solaire, et de cette loi générale des fluides élastiques, que la chaleur augmente considérablement leur volume, en diminuant leur poids spécifique. Ces causes, combinées avec le mouvement de rotation du globe de l'ouest à l'est, donne une explication satisfaisante du phénomène dont il s'agit.

» C'est un fait observé, et dont nous donnerons l'explication plus loin, que le Soleil se trouve toujours au zénith de l'un des points d'une zone terrestre, comprise entre deux cercles

parallèles à l'équateur, que l'on nomme les *tropiques*, éloignés de $23° \frac{1}{2}$, l'un du côté du nord, l'autre du côté du sud. Pour tous les points de cette zone, le Soleil atteint chaque jour une grande hauteur au-dessus de l'horizon, et y maintient une température beaucoup plus élevée que dans les régions polaires, boréales ou australes. La chaleur de la surface terrestre se communique à l'air qui repose dessus; cet air se dilate et devient spécifiquement plus léger que celui des autres régions du globe. Conformément au lois de l'hydrostatique, cet air raréfié s'éloigne de la surface de la Terre; il se trouve remplacé par de l'air plus froid et par conséquent plus lourd, lequel pénètre dans les régions intertropicales, des deux côtés, et en rasant la surface. Quand l'air déplacé est parvenu au-delà de son niveau naturel, n'étant plus retenu par des pressions latérales suffisantes, il se déverse, de droite et de gauche, vers les pôles de la Terre, en produisant ainsi des courants supérieurs opposés aux premiers. L'air des courants supérieurs se refroidit progressivement, et est ramené vers le bas, pour remplacer l'air qui s'est rendu dans les régions intertropicales, de telle sorte qu'il en résulte une circulation continuelle.

» En vertu du mouvement de la Terre autour de son axe polaire, la vitesse de rotation des points de la surface, augmente proportionnellement aux rayons des cercles de latitude, jusqu'à l'équateur, où elle est la plus grande possible. L'air, dans son état de calme, doit participer au mouvement rotatoire du lieu où il se trouve. Mais, quand il est poussé du pôle vers l'équateur, il passe successivement d'une latitude où la vitesse de rotation est moindre, à une latitude où la vitesse est plus grande : alors il tourne moins vite que la surface sur laquelle il se trouve actuellement. Ainsi les courants d'air qui se rendent des pôles à l'équateur en suivant la surface terrestre, sembleront tourner en sens contraire du globe, ou de l'est à l'ouest. Et voilà pourquoi ces courants, qui, sans la rotation de la Terre, ne produiraient que des vents nord et sud, ont encore une direction vers l'ouest, ce qui produit les

vents permanents de nord-est et de sud-est qu'on appelle *vents alisés*.

» Si une masse d'air considérable était tout à coup transportée des hautes latitudes à l'équateur, la différence des vitesses de rotation correspondantes, serait capable de produire, non un vent ordinaire, mais la plus effroyable tempête. Tel n'est pourtant pas l'effet de ce déplacement; car à mesure que l'air avance des pôles vers l'équateur, il acquiert une vitesse de rotation croissante, par le frottement contre la surface terrestre. Si sa marche vers l'équateur s'arrêtait en certain lieu, l'air y prendrait bientôt la même vitesse de rotation que le sol, et rentrerait dans un repos relatif. Il suffit de se rappeler le peu d'épaisseur de la couche atmosphérique (environ 16 lieues), et la masse immense du globe, comparativement à celle de l'air (la première étant pour le moins un million de fois plus grande que la seconde), pour rester convaincu qu'une portion considérable de la surface terrestre entraînera toujours avec la plus grande facilité l'air qui reposera immédiatement au-dessus d'elle.

» De là il résulte que la tendance de l'air à souffler de l'est doit diminuer à mesure qu'il se rapproche de l'équateur, soit d'un côté, soit de l'autre. En effet, les longueurs des parallèles ne croissant presque plus dans le voisinage de l'équateur, et le changement de vitesse est comme nul jusqu'à plusieurs degrés de part et d'autre de cette ligne, alors le frottement de la surface terrestre agit plus long-temps pour accroître le mouvement de rotation de l'air, pour amener ce fluide à l'état de repos relatif, ou diminuer la tendance qu'il avait à se porter de l'est à l'ouest; et en même temps la cause qui produirait cette tendance diminue, et finit par disparaître entièrement. Arrivé à l'équateur même, l'air ne doit plus être entraîné de l'est à l'ouest; de plus, les courants du nord et du sud, venant à se rencontrer, doivent s'entre-détruire mutuellement; si l'un l'emportait sur l'autre, on devrait l'attribuer à des causes locales, variables d'un hémisphère à l'autre, et qui, dans le voisinage de l'équateur, agiraient ici dans un sens, et là dans un sens opposé,

» On aura donc ainsi deux larges zones tropicales, dans lesquelles le vent doit constamment souffler du nord-est pour la zone boréale, du sud-est pour la zone australe. La zone équatoriale, placée entre les deux premières, doit être calme comparativement, et le vent n'y aura aucune tendance prononcée de l'est à l'ouest. Tout cela est conforme aux faits observés, et les courants d'air dont il vient d'être question sont précisément ceux qui portent le nom de *vents alisés*.

» On pourrait croire que le frottement perpétuel de l'air contre la surface du globe dans le voisinage de l'équateur, doit diminuer progressivement, et éteindre à la longue le mouvement de rotation de toute la masse; mais cette conséquence serait contraire aux lois générales de la Mécanique, et l'on voit aisément ici comment s'opère la compensation. L'air équatorial échauffé s'élève et coule vers les pôles, avec la vitesse de rotation qu'il avait dans les régions de l'équateur, et arrive à de hautes latitudes, là où la surface terrestre tourne avec moins de rapidité. Ainsi, soit qu'il se dirige vers le nord, soit qu'il marche vers le sud, l'air a un mouvement rotatoire qui l'emporte de plus en plus sur celui de la Terre, et qui par conséquent semble le pousser de l'ouest à l'est avec une vitesse toujours croissante; et quand enfin cet air reviendra en contact avec la surface terrestre, par suite de la circulation qui s'établit dans l'atmosphère (ce qui arrivera en un point ou en un autre de l'intervalle compris entre les tropiques et les pôles), il frottera contre cette surface comme un fort vent de sud-ouest dans l'hémisphère boréal, et de nord-ouest dans l'hémisphère austral; en sorte qu'il rendra au globe la vitesse de rotation perdue par le frottement vers l'équateur. Telle est l'origine des vents d'ouest et de sud-ouest, qui soufflent ordinairement à nos latitudes, et sur presque toute la partie septentrionale de l'Océan atlantique; ces vents, en effet, appartiennent au système général de réactions atmosphériques qui assure la permanence du mouvement de rotation du globe. »

Au reste, ainsi que le remarque M. Arago (*Annuaire* de 1836, p. 304), le voisinage des continents, celui des côtes

occidentales surtout, modifie les vents alisés dans leur force et leur direction, et l'on se ferait une idée bien fausse de la théorie qui vient d'être exposée, si l'on croyait qu'au nord de l'équateur les vents soufflent constamment du nord-est, et qu'au sud ils soufflent constamment du sud-est. Les phénomènes ne sont pas les mêmes dans les deux hémisphères. En chaque lieu, ils changent d'ailleurs avec les saisons. Le cap. Basil Hall a trouvé un vent d'ouest à peu près permanent sur la côte occidentale du Mexique jusqu'à la Californie, entre 8° et 22° de latitude nord. Ces inversions des vents alisés sont dues à des causes spéciales, et il suffit à notre objet que l'effet soit général, malgré quelques exceptions, pour que l'on puisse considérer l'explication précédente comme exacte.

Vers les côtes, les circonstances locales doivent agir de mille manières sur la direction des vents, ce qui, loin de nuire à notre explication, la confirme, au contraire. C'est de là que dérivent *les moussons, les vents de terre,* qui règnent à de certaines époques réglées. Les sables d'Afrique, si fortement échauffés par une action solaire puissante et continue, communiquent leur température à l'atmosphère avec bien plus de rapidité que la mer; le courant d'air de bas en haut a plus de vitesse, et les parties voisines sont poussées vers le vide qui s'y fait, surtout vers les plages où aucun obstacle ne peut modérer ni arrêter cet effet. En Égypte, on donne le nom de *vent étésien* à celui qui souffle du nord, et ne manque jamais de remplacer le vent de sud, à l'époque où le Soleil y est dans toute sa force.

Mouvement annuel de la Terre.

23. L'hémisphère terrestre AKBI (fig. 1) qui regarde le Soleil, en reçoit la lumière; la région opposée AGK'I est dans l'obscurité : d'un côté on a le jour, de l'autre la nuit; les habitants du cercle AQB, qui sépare ces deux moitiés, voient lever ou coucher le Soleil. Imaginons par l'axe de la Terre un 2e cercle ASBG perpend. à celui-ci; les habitants de ce cercle auront l'astre au

méridien supérieur ou inférieur, et compteront midi ou minuit à cet instant. Mais la rotation de la Terre fait changer la situation de ces deux cercles, ce qui produit la succession des heures, des jours et des nuits : ces phénomènes sont donc dus au *mouvement diurne,* aussi bien que les cercles que semblent décrire chaque jour les astres autour de nous.

24. Pour trouver la position du Soleil à un instant quelconque, il faut observer cet astre au cercle mural, comme nous avons fait pour les étoiles (p. 16), afin d'avoir l'heure du passage et la hauteur, et par suite l'asc. dr. et la déclin. On reconnaît bientôt que cette position du Soleil change sans cesse par rapport aux étoiles. Et d'abord, la plus grossière observation prouve qu'à midi la hauteur de cet astre sur l'horizon varie avec les saisons, aussi bien que la durée du jour; sa déclinaison change donc : tantôt il décrit l'équateur EE′ (fig. 3), tantôt s'en éloigne d'un côté ou de l'autre, en GG′ ou *gg′*. La durée de l'arc visible de son cours apparent est telle que *kg* en été, et telle que KG en hiver; le lieu de son lever est *k* ou K, l'astre à l'horizon se rapprochant, soit du nord, soit du midi. Ces phénomènes attestent (p. 17) des changements considérables de lieu dans le ciel.

Qu'on prenne chaque jour à midi les distances zénitales des bords supérieur et inférieur du Soleil, un terme moyen entre ces deux distances donne celle du centre, d'où résulte la distance de ce centre à l'équateur ou sa déclin. On s'assure ainsi que le Soleil est tantôt dans l'équateur, tantôt au-dessus, tantôt au-dessous, et on mesure la distance de l'astre à ce plan (*).

(*) Il est inutile de dire que le Soleil n'étant pas à une distance infinie de la Terre, par un effet de la parallaxe (n° **20**), cet astre ne répond pas pour tous les hommes au même point du ciel. Il ne faut regarder comme nulles les dimensions de la Terre que par rapport aux étoiles, parce que leur distance est inappréciable (n° **11**); mais lorsqu'il s'agit du Soleil, la distance zénithale observée POZ (fig. 7) doit être remplacée par PCZ, qui a lieu au centre C de la Terre. Cette petite correction d'environ 8″, ou plus petite encore, qui se trouve par les règles données ne doit jamais être oubliée dans ce qui va suivre.

Il est aisé de s'assurer de même que le Soleil se porte chaque jour d'environ 1° vers l'est, en le comparant aux étoiles, qui sont, comme on l'a vu, immobiles dans l'espace. Car en remarquant à une pendule sidérale (n° 7), l'heure du passage du centre du Soleil au méridien, on voit que chaque jour il y arrive environ 4′ plus tard qu'une étoile prise à volonté (*). Le Soleil s'écartant de 4′ par jour relativement à l'étoile qui a passé avec lui au méridien, s'en éloigne de plus en plus. Lorsque la Terre aura effectué 90 révolutions, l'intervalle sera de 90 fois 4′, ou à peu près 6ʰ en trois mois : donc le cercle horaire du Soleil se sera porté vers l'orient à 90° de celui de l'étoile ; ces plans seront à angle droit. Après environ 180 révolutions, les deux astres seront distants de 12ʰ, ou situés sur le même cercle horaire de part et d'autre du pôle ; au bout de 6 mois, le Soleil passera au méridien 12ʰ après l'étoile (celle-ci sera à minuit au méridien supérieur, p. 13). Les retards du Soleil continuant de s'accumuler ; on trouve qu'après 365ʲ $\frac{1}{4}$, la différence est de 24ʰ, c'est-à-dire qu'à l'expiration de l'année, le Soleil est revenu dans le cercle horaire de l'étoile, laquelle a passé une fois de plus au méridien : cela suit précisément du même raisonnement (n° 13), par lequel on prouve qu'un voyageur qui a fait le tour entier du globe compte un jour de plus que nous, quand il a marché vers l'est.

Concluons de ces deux observations que l'*ascension droite* du Soleil varie chaque jour, aussi bien que sa *déclinaison*, et qu'on sait mesurer l'étendue de ces variations. La connaissance de ces éléments suffit, avons-nous dit n° 9, pour déterminer la situation d'un astre dans le ciel. Pour en avoir une idée juste, on pourra faire l'opération suivante : on marquera sur une sphère les diverses constellations, d'après le procédé donné n° 9, en les rapportant à l'équateur EE′ (fig. 3) et aux pôles célestes P,

(*) Dans cette série d'observations, on prendra pour terme de comparaison une étoile qu'on puisse voir en plein jour ; au reste, on peut changer d'étoiles et préférer celles dont le passage méridien se fait de nuit, sauf à avoir égard à la différence d'ascension droite de ces diverses étoiles.

P', selon leurs déclinaisons et ascensions droites. D'après la déclinaison et l'ascension droite du Soleil pour chaque jour, on en déterminera le lieu sur notre globe; et unissant ces divers points par un trait contigu gG', on aura l'image de la route du Soleil durant les 365 $\frac{1}{4}$ révolutions de la Terre, route qu'il doit recommencer éternellement. Sur nos planisphères, nous avons marqué cette courbe.

Pour mieux faire entendre la marche annuelle du Soleil, ôtons, par la pensée, à cet astre, cette lumière éclatante devant laquelle toute autre disparaît, et supposons qu'on ne le voie que comme une simple étoile. Chaque jour ses relations avec les autres étoiles changeront; nous le verrons s'avancer de plus en plus de droite à gauche, ou d'occident en orient, par une progression lente d'environ 1° par jour, en vertu de laquelle il s'approchera de quelques astres et s'éloignera de ceux qu'il nous cachait par son interposition; enfin il nous semblera suivre dans le ciel une route en sens opposé à la rotation diurne apparente, et retarder chaque jour, sur les étoiles, à raison de la quantité dont il se sera avancé dans cette orbite.

L'observation a fait connaître que cette courbe gG' est tracée dans un plan qui passe par le centre de la Terre. On sent bien que le peu d'exactitude des opérations graphiques sur un globe ne permettrait pas de compter sur la vérité de cette conséquence; mais en soumettant les observations au calcul le plus rigoureux, elle devient hors de doute. En effet, en évaluant les déclin. qui répondent à deux points quelconques opposés diamétralement, ou dont les asc. dr. diffèrent de 180°, on trouve que ces déclin. sont égales, l'une boréale, l'autre australe. Ainsi, les points où le Soleil est à égale distance de l'équateur, sont toujours aux extrémités d'une droite qui passe au centre de la Terre: ce qui prouve que l'*orbite solaire est plane*. On la nomme *Écliptique*: on donne aussi ce nom au grand cercle fixe suivant lequel ce plan prolongé va couper la sphère céleste, cercle infiniment éloigné de l'orbite, et par conséquent très différent de la courbe que cet astre décrit.

En prenant les plus grandes déclin. $G'E'$, gE (fig. 3) de part

et d'autre de l'équateur EE′, points où le Soleil se trouve aux *Solstices*, on reconnaît que l'équateur et l'écliptique font entre eux un angle de 23°28′. Cet angle est ce qu'on nomme *l'obliquité de l'écliptique*. Ainsi, l'axe PP′ de la rotation diurne fait, avec l'écliptique G′*g*, un angle PT*g*, qui est le complément du précédent, ou de 66°32′.

28. La variation du Soleil en *déclinaison*, présente un phénomène bien remarquable, la succession des saisons. Lorsque le Soleil est dans l'équateur céleste EE′ (fig. 3), la rotation diurne de la Terre T, nous fait juger que cet astre a décrit en 24^h ce cercle même. Dans les jours suivants, le Soleil procédera dans son orbite, et se transportera en quelque point *o* : la Terre continuant d'effectuer ses rotations sur son axe, nous verrons le même effet que si l'astre *o* décrivait en un jour un cercle parallèle à l'équateur EE′, comme l'étoile qui a même déclin. Ainsi, à mesure que le Soleil s'éloigne de ce plan EE′, il nous semble décrire une série de cercles parallèles; et lorsqu'il a atteint la limite *g* vers le pôle boréal, il commence à se rapprocher de l'équateur, par la même série de cercles apparents. Il décrit de nouveau l'équateur EE′, puis s'abaisse au-dessous, en paraissant suivre une marche spirale analogue, jusqu'à la limite opposée G′.

Cette série de cercles offre une apparence très compliquée, qui n'est, comme on voit, qu'une combinaison très simple de la rotation diurne de la Terre, et du déplacement annuel du Soleil dans l'écliptique. Cet astre décrit en un an une courbe AH*p*G (fig. 13), tandis que la Terre, fixée en un lieu S, tourne environ 365 fois un quart sur son axe oblique au plan AGPH de l'orbite solaire. Nous reviendrons bientôt (n° 33) sur cette complication de mouvements : il nous suffit de concevoir que chaque jour, de son lever à son coucher, le Soleil nous semble avoir décrit un cercle diurne avec les autres astres ; mais que ce cercle varie de situation et d'étendue, en se rapprochant ou s'éloignant de l'équateur, d'un côté ou de l'autre de ce plan, auquel ce cercle demeure parallèle. On peut

rapprocher cette exposition de ce qui a été dit (pages 18 et 24) sur l'étendue du cercle décrit par une étoile, sa vitesse, le lieu de son lever et de son coucher, la durée de sa présence sur l'horizon, etc., d'après la déclinaison de cet astre, ou sa distance à l'équateur.

Ainsi lorsque le Soleil décrit un parallèle quelconque gg' ou GG', les durées du jour et de la nuit sont mesurées par les arcs gk et $g'k$, ou GK et G'K; sa hauteur méridienne est $D'g$, ou D'G, les points où l'astre se lève sont plus ou moins rapprochés du nord ou du sud. On conçoit pourquoi les jours sont plus longs que les nuits en été; que la hauteur méridienne y est plus grande, le lieu du lever du Soleil plus voisin du nord, qu'en hiver. Quand le Soleil décrit l'équateur EE' la durée TE du jour est égale à celle de la nuit, c'est l'époque des *Équinoxes*, commencement du printemps et de l'automne : la hauteur méridienne D'E est l'inclinaison de l'équateur, complément de la latitude du lieu. Le jour le plus long de l'année pour nous est celui du *Solstice* d'été; quand l'astre décrit le cercle gg', le plus éloigné de l'équateur, cercle qu'on nomme *Tropique :* la durée des jours varie alors très peu, parce que l'écliptique gG' étant tangente au cercle gg' de déclinaison, l'astre semble conserver quelque temps la même déclin. La même chose arrive au *Solstice* d'hiver ; qui répond au jour le plus court de l'année; le Soleil décrit alors le tropique opposé GC', la hauteur méridienne se compose de celle de l'équateur, $+ 23°28'$ dans le 1[er] cas, et $-23°28'$ dans le second. Ce sont les limites extrêmes que cette hauteur atteint.

Pour les peuples de l'hémisphère austral, les relations ci-dessus doivent être prises en sens contraire.

26. Instruits par l'expérience à ne point regarder comme réels les mouvements apparents, cherchons si le Soleil, au contraire, ne serait pas fixe dans l'espace en S (fig. 13), tandis que notre globe parcourrait en un an l'écliptique TAHPG; accomplissant $365\frac{1}{4}$ révolutions, sur un axe oblique à ce plan, et constamment parallèle à lui-même; car les apparences se-

ront pour nous les mêmes dans les deux cas. Il s'agit d'adopter l'une de ces deux opinions, en comparant les phénomènes, ainsi que nous l'avons fait pour le mouvement diurne.

D'abord, si la Terre décrit par an, autour du Soleil, un cercle à 24000 rayons terrestres de distance, ce globe parcourt chaque jour un peu moins de 1°. Un calcul simple donne environ 410 lieues pour l'espace décrit pendant une minute, 6 lieues $\frac{3}{4}$ par seconde; la Terre décrirait dans son orbite en 3^h et demi, un espace égal à celui qui nous sépare de la Lune, est en 7′ un espace égal au diamètre de notre globe. Si cette grande vitesse étonne, combien l'esprit n'est-il pas effrayé lorsqu'il veut l'attribuer au Soleil? Ainsi, en comparant seulement le peu d'étendue de la Terre à l'immense volume d'un astre quatorze cent mille fois plus gros, on voit qu'il est plus simple (dans la nécessité de reconnaître que la Terre, ou le Soleil, est animé de cette vitesse) de l'attribuer plutôt à notre globe.

On sait, par les lois de la Mécanique, que pour qu'un corps libre soit frappé de manière à tourner sur son axe, il faut que l'impulsion ne passe pas par son centre de gravité : outre sa rotation, il prend encore un mouvement de translation, comme si la puissance eût agi sur ce centre, en sorte qu'il est emporté dans l'espace, tout en tournant sur lui-même. Si la force qui pousse une bille sur un billard, n'est pas dirigée par le centre de cette sphère, on la voit pirouetter en même temps qu'elle s'avance dans la direction même du choc. Si l'on veut que la rotation subsiste seule, il faut imprimer en même temps au centre une seconde impulsion égale et opposée, capable de l'arrêter. Nous sommes assurés que la Terre a un mouvement de rotation en 24^h; quelle qu'en soit la cause, ce globe n'a pu recevoir cette sorte de mouvement, sans que le centre ne soit transporté dans l'espace, à moins qu'une force opposée ne l'ait arrêté. Il est donc plus simple de concevoir la Terre animée de ce second mouvement, que de l'attribuer au Soleil : en effet, il faudrait trois impulsions pour produire les phénomènes dans cette dernière supposition; l'une sur le centre du Soleil;

la deuxième sur la Terre, pour la faire tourner; la troisième égale et opposée à celle-ci, pour arrêter son centre et le fixer dans le vide.

27. Nous avons déjà eu occasion de parler de quelques astres intermédiaires entre nous et les étoiles, et qui ont, comme le Soleil, un mouvement propre. En observant ces planètes avec de bons télescopes, on a reconnu des taches dont les mouvements ont attesté la rotation de ces corps sur un axe, précisément comme cela arrive pour la Terre : tous ces corps sont, comme ce globe, opaques et un peu aplatis à leurs pôles, tournent autour du Soleil dans des orbites différentes, et cela d'occident en orient, comme la Terre. Il en est qui ont des lunes comme nous avons la nôtre. Tous ces faits seront exposés avec détail (n° 80.) Ainsi, un spectateur placé dans le Soleil, si la vive lumière de cet astre ne le privait pas de la vue des corps célestes, verrait les planètes circuler autour de lui, en tournant sur elles-mêmes, et la Terre lui paraîtrait soumise à la même loi.

Plus les planètes s'éloignent du Soleil, et plus leur marche est lente; la Terre, d'après le rang que lui assigne sa distance, n'est point soustraite à cette règle générale : l'analogie est complète, et tout conspire à classer ce globe au rang des planètes. Si l'on veut, avec *Tycho-Brahé*, que le Soleil ait en effet un mouvement annuel dans l'écliptique, outre que la simplicité de cet admirable ensemble est détruite, il n'en faut pas moins admettre la rotation des planètes autour du Soleil, qui emporterait ainsi leurs orbites dans l'espace, et les contraindrait de le suivre dans sa marche autour de nous : système d'une grande complication.

Quant à la vitesse de la Terre, elle doit d'autant moins surprendre, que celle de Vénus est plus grande encore, puisqu'elle décrit 485 lieues par minute; cette planète a un volume à peu près égal à celui de la Terre. Et quelle force prodigieuse que celle qui meut Jupiter et Saturne, qui sont l'un 1281 fois, et l'autre 995 fois plus gros que notre globe! Pourquoi la Terre ne

pourrait-elle pas se mouvoir comme ces corps? Un observateur placé dans Jupiter, jugerait le Soleil, la Terre et les planètes en mouvement autour de lui; et le volume considérable de son globe rendrait cette illusion plus vraisemblable que pour nous.

Le mouvement annuel de la Terre, ou celui du Soleil, telles sont les deux hypothèses entre lesquelles on n'a que le choix; c'est ce que les faits rendent incontestable. La première de ces suppositions est la plus simple, puisqu'elle fait mouvoir dans l'espace la Terre, ce point à peine visible pour le spectateur placé dans le Soleil: tandis que nous sommes obligés d'avouer que d'autres corps célestes plus volumineux sont pourtant doués de ce même mouvement. N'est-il pas naturel de préférer un système qui porte les caractères de la vérité, et respecte toutes les conditions de l'analogie, détruites par l'opinion contraire.

Et quant aux deux mouvements de la Terre, sa rotation diurne sur son axe et sa translation annuelle dans l'écliptique, loin de regarder cette double action comme une complication, on doit reconnaître, qu'outre qu'ils existent dans les planètes où ils n'offrent rien de surprenant, la translation est la conséquence des principes de mécanique qui ont pu engendrer la rotation : si cette dernière existe seule, il faut plus de puissances pour la produire, plus d'efforts d'esprit pour la concevoir (*).

C'est ainsi que ce jouet qu'on nomme *toupie*, par l'action latérale qu'on lui imprime, tourne rapidement sur son axe, tandis que sa pointe décrit une courbe sur l'horizon. Du reste,

(*) Pour expliquer le double mouvement de rotation et de translation de la Terre, il suffit de supposer que, placée primitivement en un point A (fig. 12), elle a reçu une impulsion dont la direction n'a pas passé par son centre de gravité. En comparant sa vitesse dans son orbite et celle de sa rotation, Jean Bernoulli a cherché le point où elle a pu être frappée pour qu'il en soit résulté les deux mouvements que nous reconnaissons; et il a trouvé, dans l'hypothèse du globe homogène, que cette distance au centre est très petite et seulement la 165ᵉ partie de son rayon (*voy.* ma *Mécanique*, n° **270**). La Terre aurait donc été frappée en A perpendiculairement à la ligne AS menée au Soleil S, un peu plus loin de cet astre que le centre, et dans le

cette comparaison est bien imparfaite, puisque l'air, le frottement, la manière dont la toupie est lancée, tendent à détruire son mouvement, en commençant par la translation : celui de la Terre, qu'aucune résistance ne diminue, est au contraire éternel.

Il est vrai que la translation imprimée à la Terre par une impulsion primitive, devrait s'exercer en ligne droite ; et qu'au contraire l'orbite est une courbe fermée que ce globe décrit chaque année; mais cela vient d'une force inconnue qui le ramène sans cesse vers le Soleil, dont il ne peut s'écarter et se rapprocher que dans certaines limites. Cet astre est doué d'une puissance attractive qui agit sur la Terre, comme celle-ci agit sur les corps pesants. C'est ce qui sera expliqué plus tard. (*Voyez* n° 98.)

Admettons donc la doctrine du double mouvement de la Terre, et loin de la regarder comme légèrement adoptée, admirons au contraire combien elle réunit de preuves. En effet, quoique réel, ce mouvement pourrait n'être pas confirmé par celui des planètes; car ces corps pourraient ne pas exister, ou n'avoir pas ces deux rotations dirigées l'une et l'autre d'occident en orient ; ou être sans lunes, ou enfin être moins grosses que la Terre et moins éloignées du Soleil. Cependant il resterait encore, dans les seules apparences relatives au Soleil, assez de preuves pour faire préférer l'hypothèse du mouvement de la Terre.

---

sens qui la porterait de A en ♒, ♓.... Cette seule impulsion aurait suffi pour produire les mouvements diurne et annuel que nous observons, abstraction faite de la cause qui force la translation à s'accomplir selon la courbe fermée (n° 98). Ainsi, loin que la réunion de ces deux mouvements offre une difficulté de plus, il faut avouer qu'elle est la plus simple des combinaisons ; car il est infiniment peu probable que la projection primitive de toutes les planètes a passé précisément par leurs centres de gravité. L'impulsion est produite à une distance du centre égale à un quatre cent douzième du rayon pour Mars, sept dix-neuvièmes pour Jupiter, un centsoixantième pour la Lune.

Mais ce qui donne plus de poids à cette opinion, c'est l'accord admirable qu'elle établit entre les observations et les résultats : les détails les plus minutieux et les calculs les plus délicats ne font trouver, dans les conséquences, qu'identité avec les phénomènes, que rigueur et exactitude dans les prédictions. La démonstration qu'on tire de l'attraction (n° 98) ne peut être exposée maintenant, et c'est pourtant la seule qui soit mathématique. La suite de ce traité n'est, à proprement parler, qu'une série de preuves du double mouvement de la Terre. Ce qui n'était qu'une supposition infiniment plus vraisemblable que l'opinion contraire, deviendra alors une vérité démontrée par plus de preuves que n'en peut réunir aucune théorie physique, soit par la simplicité des lois qui en résultent, soit par l'analogie qu'elle établit dans toutes les parties du système.

28. D'après cela, le centre T de la Terre (fig. 12) décrit donc autour du Soleil S, immobile dans l'espace, une courbe plane et fermée A ♈ P ♎ en 365 jours $\frac{1}{4}$, d'occident en orient, tandis qu'en même temps elle fait chaque jour sidéral un tour sur elle-même et dans le même sens; son axe est emporté dans le vide, et demeure parallèle dans toutes ses positions, formant avec le plan de son orbite, qui est l'*Écliptique*, un angle constant de 66°32'. Un spectateur qui, séparé de la Terre, marcherait en la suivant dans l'écliptique, la tête tournée vers le pôle boréal, aurait sans cesse le Soleil à sa gauche, et verrait notre globe marcher dans le sens A ♒ ♓ ♐ ... en tournant sur son axe, la face dont il aurait l'aspect passant de la gauche à la droite de ce spectateur.

Un peu après le coucher du Soleil, lorsque la lueur crépusculaire vient de s'éteindre, nous apercevons la moitié de la sphère céleste : le ciel nous semble tourner peu à peu d'orient en occident; des étoiles se cachent d'un côté sous l'horizon, et du côté opposé, d'autres se lèvent. La révolution apparente continue durant la nuit, et l'étendue du firmament qui vient successivement s'offrir à nos regards, dépend de la durée de l'obscurité. Dans une nuit d'hiver ou d'automne, on voit, à

Paris, le ciel presque entier, excepté la partie voisine du pôle austral, qui ne se lève jamais pour nous (p. 23), et celle qui est proche du lieu de l'écliptique où le Soleil nous paraît être, qui, roulant sur nos têtes avec cet astre, est cachée pour nous par la clarté du jour. Telles sont les apparences produites par la rotation de la Terre sur son axe en 24^h.

Par l'effet du mouvement annuel, le Soleil nous semble parcourir l'écliptique dans le même sens que la Terre décrit en effet cette courbe. Si la Terre est en ♈ (fig. 12), le Soleil nous paraît occuper le point opposé ♎, ou plutôt le point où le firmament est rencontré par la droite ♈ S prolongée indéfiniment. Si la Terre est transportée en ♉, le Soleil nous paraît en ♏; si elle est en ♊, nous le jugeons en ♐ : ainsi la Terre parcourant l'arc ♈♉♊, l'astre nous semble décrire ♎♏♐, et cela dans le même sens, et comme nous décrirons ce même arc dans six mois.

Après avoir observé un astre d'un point de la surface terrestre, nous avons exposé (n° **20**) les procédés qui servent à réduire cet astre au lieu où il serait vu du centre de la Terre. De même OO′ (fig. 9) étant un arc d'écliptique décrit par le centre de la Terre, et C le centre du Soleil, l'astre S, qui paraît être en I à l'observateur placé en O, pourra être réduit au point Q où cet astre serait vu du centre C du Soleil. OSC, ou l'angle sous lequel de S on verrait le rayon de l'écliptique, est ce qu'on nomme *la parallaxe annuelle ou de l'orbe terrestre.*

La plus grande base qui puisse servir d'échelle pour mesurer des distances aussi considérables, a jusqu'ici le rayon de la Terre, qui a 1433 lieues ; mais lorsqu'on a obtenu avec précision la parallaxe solaire, et qu'on en a conclu le rayon de l'écliptique, on peut prendre ce dernier pour unité. C'est ainsi qu'on est parvenu à trouver avec précision les distances des planètes au Soleil, ainsi qu'il sera expliqué plus tard. Le mouvement de la Terre qui, par les illusions dont il est cause, a pendant long-temps retardé la connaissance des mouvements réels des planètes, nous les fait donc connaître avec plus de précision que si nous étions fixés au centre.

29. Puisque l'axe de la Terre reste parallèle à lui-même, et fait, avec le plan de son orbite, un angle de 66°32′, les extrémités de cet axe devraient tracer dans le ciel, autour des pôles, deux courbes fermées, d'une étendue proportionnée à celle de l'écliptique et au rayon de la sphère céleste; mais il n'en est pas ainsi, et cet axe se prolonge en effet jusqu'aux deux pôles, points opposés invariables. Cela résulte du prodigieux éloignement des étoiles, les parallèles se joignant à l'infini. Nous avons vu (n° 11) que les dimensions de la Terre sont nulles comparativement à cette distance; il faut en dire autant du diamètre même de l'écliptique, quoique ce diamètre ait près de 70 millions de lieues : c'est ce qui sera prouvé par la suite (*voy*. n° 151).

Ainsi, l'axe de la Terre ne répond constamment aux mêmes points, les pôles célestes, que parce que les parallèles concourent à l'infini. Le plan de l'équateur, emporté par le mouvement annuel, conservant son parallélisme aussi bien que l'axe, fait toujours avec l'orbite un angle de 23°28′, et coupe le ciel suivant le même cercle (l'équateur céleste) que si le globe était fixe. Le mouvement de la Terre ne contrarie donc en rien les observations relatives à la situation fixe des pôles et de l'équateur célestes.

Du Soleil.

30. Supposons-nous maintenant placés au centre S du Soleil (fig. 13), et jetons les yeux sur la Terre T; nous lui reconnaîtrons dans l'espace une rotation en 24^h sur son axe, et une translation qui fait parcourir à son centre une courbe plane GTAH en 365 jours $\frac{1}{4}$ environ, l'axe de rotation diurne demeurant parallèle.

La ligne ST, qui joint les centres du Soleil et de la Terre, se nomme *Rayon vecteur*. Notre globe entraîne dans l'espace ce rayon idéal, en lui faisant subir les variations de longueur nécessaires pour qu'il unisse toujours ces deux centres. En effet, nous verrons bientôt (n° 39) que l'écliptique n'est pas un cercle et que la rotation diurne est uniforme, tandis que la vitesse de translation ne l'est pas.

31. Montrons d'abord que le phénomène du renouvellement des saisons est dû à l'inclinaison constante de l'axe de la Terre sur le plan de l'orbe annuel, ce qui produit le changement en déclin. Soit T notre globe (fig. 14); le rayon vecteur ST rencontre la surface en A. Le plan AB, perpendiculaire à son axe PT, donne le cercle AB, dont chaque point vient tour à tour passer en A par l'effet de la rotation diurne. Le Soleil étant fixé en S, les habitants de ce cercle AB ont donc tour à tour cet astre à leur zénith; les ombres à midi sont, à cet instant, tout-à-fait nulles pour eux; l'image du Soleil se réfléchit au fond d'un puits. Si OT est l'équateur, AO désigne la latitude de ce cercle AB.

Supposons que la Terre ait en T la position pour laquelle la projection de l'axe PT sur le plan de l'orbite coïncide avec le rayon vecteur ST, c'est-à-dire que le plan PTA soit perpendiculaire au plan de l'écliptique; cette époque sera le *Solstice d'été*. Les habitants de la zone AIB ne verront pas, il est vrai, le Soleil à leur zénith; mais ce sera le jour où cet astre en approchera le plus. Le cercle qui est au zénith de BA, et que le Soleil paraît décrire en 24^h, sera le plus éloigné de l'équateur TO vers le pôle boréal. AO sera de 23°28', distance de l'équateur céleste au cercle que décrit alors le Soleil, qu'on appelle *Tropique du Cancer*, nom qu'on donne aussi au cercle terrestre AB.

Lorsque la Terre aura quitté le lieu T, et sera arrivée au point T' diamétralement opposé, l'axe P'T' étant parallèle à PT, et se projetant de nouveau sur le rayon vecteur ST', l'angle P'T'S est obtus et supplément de PTS. Ce rayon S'T' coupe en A' la surface terrestre de l'autre côté de l'équateur T'O', qui est demeuré parallèle à TO. Les habitants de la région A'I'B' ont alors l'été, tandis que dans l'hémisphère opposé, on est arrivé au *Solstice d'hiver*. A midi, le Soleil passe au zénith des habitants du cercle A'B', qui est à 23°28' de l'équateur, vers la région australe. Ce cercle est le *Tropique du Capricorne*, nom qu'on applique aussi au cercle céleste que le Soleil paraît décrire à cette époque, et qui a 23°28' de déclinaison

australe. Il est le plus éloigné de l'équateur parmi ceux que cet astre parcourt dans cet hémisphère.

32. Examinons ce qui arrive dans les intervalles de ces deux situations de la Terre. L'axe ne se projette plus sur le rayon vecteur, et l'angle de ces deux lignes varie sans cesse. D'abord la Terre, partant de T pour passer en *t'*, cet angle est aigu et va en croissant ; il est droit en *t'* ; la projection de l'axe *p't'* sur l'orbite est *t't'* perpendiculaire au rayon vecteur *Sa't'*. De *t'* en T' l'angle de l'axe de la Terre et du rayon vecteur continuant de croître devient obtus. Lorsque la Terre passe de T' en *t*, cet angle *Sati* décroît sans cesser d'être obtus, redevient droit en *t*, et enfin aigu en passant de *t* en T. Les positions T et T' des solstices sont les limites de cet angle.

Quand la Terre est parvenue aux lieux *t'* et *t*, où le rayon vecteur *Sa't'*, *Sat*, est perpendiculaire à l'axe *p't'*, *pt*, nous avons *l'équinoxe du printemps et celui de l'automne*. Ce rayon vecteur rencontre visiblement notre globe en des points *a'*, *a*, sur l'équateur ; et tous les habitants de ce cercle ayant tour à tour le Soleil à leur zénith, cet astre nous paraît décrire l'équateur céleste.

33. Suivons la Terre dans son mouvement entre les quatre points principaux de l'orbite.

1°. L'inclinaison constante de l'axe terrestre sur le plan de l'écliptique nous fait juger que le Soleil change de déclin. et décrit une série de parallèles à l'équateur, en passant d'un des tropiques à l'autre, cercles qu'il parcourt ensuite de nouveau en rétrogradant vers l'équateur. Chacun de ces parallèles est l'effet de notre rotation diurne, et le passage d'un cercle à l'autre, ou le changement de déclin. du Soleil, est dû à la translation de la Terre dans l'écliptique.

2°. Le passage d'une étoile au méridien divise en deux temps parfaitement égaux l'intervalle du lever au coucher ; mais la même chose n'a lieu pour le Soleil qu'aux solstices. A raison du changement perpétuel de déclinaison, les angles horaires du lever et du coucher sont un peu inégaux. A l'équinoxe du

printemps, la 2ᵉ moitié du jour surpasse la 1ʳᵉ de $1'12''$. C'est le contraire à l'équinoxe d'automne. *Midi n'est donc exactement le milieu du jour qu'aux deux solstices.*

3°. Aux équinoxes, la hauteur méridienne du Soleil est précisément D'E=DE' (fig. 3), compl. de la latitude ou de la hauteur du pôle PD (n° 17). Aux solstices, elle est cette même quantité $\pm 23°28'$. Il est facile de reconnaître ces quatre époques. Sur un sol horizontal BMA (fig. 41), si l'on fixe un *Gnomon ou Style vertical* CI, et qu'on trace une méridienne CM; intersection de l'horizon avec le méridien qui passe par le style (nᵒˢ 6 et 206), l'ombre de ce style tombera chaque jour à midi sur CM. En examinant la longueur de l'ombre, on pourra déterminer les jours des solstices et des équinoxes (*). Par exemple, au solstice d'été, l'ombre méridienne atteint sa plus petite longueur, ce qui rend cette époque facile à reconnaître.

Si l'on mesure avec soin les longueurs d'un gnomon et de son ombre méridienne, on en conclura la hauteur du Soleil à midi. Des observations faites aux deux solstices donnent ainsi la plus grande hauteur méridienne D'g (fig. 3), et la moindre D'G, compléments des distances zénithales Zg, ZG, qui reviennent à ZE—Eg, ZE + EG. La demi-diff. de ces arcs est EG = Eg = *l'obliquité de l'écliptique*, ou l'angle que forment l'écliptique gG' et l'équateur EE' : la demi-somme des mêmes arcs est ZE=PD = la hauteur du pôle. Ainsi les deux distances zéni-

(*) Le style CI (fig. 41) et son ombre CB forment le triangle rectangle CIB, où l'angle CBI est la hauteur du Soleil sur l'horizon; on a $CI \times \cot B = CB$, équ. qui donne à un instant quelconque, l'une des quantités B, CI et CB, connaissant les deux autres. A midi, la hauteur D'g (fig. 3) est celle D'E de l'équateur + Eg, ou la déclin. du Soleil, d'où

$$\text{hauteur mérid.} = 90° - \text{latitude} + \text{déclin. Soleil.}$$

Ainsi on a

$$\textit{Gnomon} \times \textit{tang}\,(\textit{latitude} - \textit{déclin.}) = \textit{ombre}.$$

La déclinaison est négative lorsqu'elle est australe, nulle aux équinoxes, et de 23°28' aux solstices. Il est donc bien aisé d'évaluer les longueurs de l'ombre à ces quatre époques, et de les déterminer par observation.

thales méridiennes et solsticiales, ont pour demi-différence l'obliquité de l'écliptique, et pour demi-somme la latitude du lieu de l'observation.

Au reste, comme la longueur des ombres méridiennes varie très peu vers les solstices, il y a toujours quelque indécision sur cette détermination. Les effets de la pénombre dans les grands gnomons (n° 122) augmentent encore l'incertitude, quoiqu'on puisse parer à cet inconvénient. On ne doit donc regarder les ombres méridiennes que comme des moyens très imparfaits de déterminer les solstices et les équinoxes. Il en faut dire autant des retours de levers et couchers d'étoiles à la même heure (n° 33). Aussi les modernes ont-ils trouvé des moyens beaucoup plus exacts.

4°. On nomme *année tropique* la durée qui s'écoule entre deux passages du Soleil par le même point de son orbite, tels qu'un équinoxe ou un solstice. Les mesures les plus précises ont donné (*voy.* n°s 111).

$$\text{Année tropique} = 365^j,24218124 = 365^j,5^h48'47'',6459.$$

On n'avait d'abord fait l'année que de 365^j, parce qu'en se servant des ombres méridiennes, on n'avait compté que 365^j entre les retours du Soleil à la même hauteur méridienne équinoxiale. On préférait observer les longueurs d'ombres vers les équinoxes, parce que les variations sont plus marquées. Mais comme après 365^j le Soleil n'est pas revenu précisément au même point du ciel, il en résultait une petite erreur qui n'était rendue sensible qu'après un laps de plusieurs années. Par exemple, au bout de quatre ans, au lieu de retrouver la même ombre méridienne après 4 fois 365^j ou 1460^j, on ne l'observait qu'après 1461^j. Ce jour de plus, réparti sur les 4 années, donnait à très peu près $365^j\frac{1}{4}$ pour l'année. Les observations étant répétées durant un temps très considérable, une moyenne entre les résultats, y a apporté plus de précision.

34. Pour les habitants de l'équateur terrestre KK' (fig. 6), les pôles P et P' sont dans l'horizon. Tous les astres ont leurs cercles

diurnes verticaux et coupés par la moitié. Toute l'année les jours sont égaux aux nuits. Le Soleil passe deux fois l'an au zénith, et ses hauteurs méridiennes solsticiales sont de 66° 32′, inclinaison de l'axe terrestre sur l'écliptique : les hauteurs croissent en approchant des équinoxes. Dans le cours de l'année les ombres prennent toutes les situations possibles, tantôt d'un côté de l'équateur, tantôt de l'autre, six mois vers le pôle boréal, six vers le pôle austral ; l'ombre méridienne allant directement à ces pôles, et s'accourcissant de plus en plus à mesure qu'on approche davantage de l'équinoxe, où elle est nulle. Ainsi, à proprement parler ; il n'y a par an sous l'équateur que deux étés et deux hivers. La première saison est la plus désagréable, à cause des chaleurs excessives et des pluies abondantes.

Il est aisé de voir qu'entre les deux tropiques, zone qu'on a désignée sous le nom de *Torride*, toutes les choses s'y passent d'une manière plus ou moins analogue.

Mais dès qu'on sort des tropiques, les phénomènes s'éloignent de plus en plus de ceux qui viennent d'être décrits. L'arc diurne s'étend en été et s'accourcit en hiver; pour notre hémisphère, l'ombre à midi est toujours portée vers le nord dans une direction constante, qui est celle de la méridienne. Le zénith Z de l'observateur s'avance vers le pôle ; les jours prennent de plus en plus de longueur en été, et s'accourcissent au contraire en hiver. Si l'on trace sur la Terre (fig. 6) un cercle OR à 23° 28′ du pôle, les habitants de ce cercle qu'on nomme *Polaire*, auront un jour de 24^h lorsque le Soleil décrira le tropique voisin de ce pôle, et une nuit de 24^h à l'autre solstice. Plus près du pôle, on voit que le temps de la présence et de l'absence de l'astre vers les solstices deviendra plus grand encore. Enfin, sous le pôle, l'horizon étant l'équateur même EE′, le Soleil est six mois au-dessus et six mois au-dessous de ce plan, et l'année n'est formée que d'un jour et d'une nuit de même durée.

Les espaces terrestres contenus vers les pôles dans les cercles polaires, forment les *zones glaciales ;* les *zones tempérées* sont comprises entre ces cercles et les tropiques. Ces divisions terrestres sont de convention ; mais elles dérivent de la considéra-

Digitized by Google

tion des températures habituelles. Le froid est plus long et plus rigoureux à mesure qu'on s'avance vers les zones glaciales, dans le temps où le Soleil décrit les régions placées vers le tropique opposé; mais lorsque l'astre parcourt le tropique voisin, la faible intensité de chaleur de ses rayons obliques est compensée par la longue durée de leur action, puisqu'il est bien plus long-temps sur l'horizon; la température s'y élève beaucoup, mais l'été est fort court. Les glaces polaires, accumulées par la rigueur d'un froid long et rigoureux, se fondent alors en partie pour se reproduire bientôt.

Au reste, mille circonstances physiques influent sur la température, telles que le voisinage des lacs, des mers, des montagnes et des forêts. C'est ce qui empêche de juger des rigueurs habituelles de l'hiver pour un pays, par la seule connaissance de sa latitude.

35. Examinons maintenant les apparences causées par les changements d'asc. dr. du Soleil. Lorsque la Terre passe d'un point de l'écliptique à un autre point, le rayon dirigé au Soleil et prolongé jusqu'au ciel étoilé, y va marquer chaque jour des étoiles différentes : ainsi, outre les changements de déclinaison qui amènent la succession des saisons, il faut encore avoir égard à ceux qu'éprouve l'ascension droite. L'astre nous semble occuper au ciel des lieux différents, et procéder de près d'un degré par jour de droite à gauche (d'occident en orient). L'éclat du Soleil nous ôte la vue des termes de comparaison qui nous rendraient cette marche sensible; mais on peut observer le Soleil avec des verres colorés et d'épaisseur convenable à l'état de l'atmosphère, et en comparer la position à celle des autres astres. C'est ainsi qu'on reconnaît que, si le Soleil était réduit à la lumière d'une étoile, comme il répondrait chaque jour à une nouvelle étoile, on le verrait se porter sans cesse vers celles qui sont orientales, les atteindre et les dépasser.

Telle est la cause du retard du Soleil sur les étoiles; en regardant le ciel chaque soir à 10^h, on reconnaît bientôt que, dans les diverses saisons, les constellations qui sont au méri-

dieu sont très différentes, et que la partie de la sphère céleste qui est exposée à nos yenx n'est pas la même. Les étoiles qui sont aujourd'hui au méridien à midi, y passent un peu plus tôt les jours suivants, lorsqu'on mesure le temps avec une montre réglée sur le Soleil; dans trois mois, elles y seront 6^h avant le Soleil (à 6^h du matin); trois autres mois après, elles y passeront à minuit, etc.

On explique donc aisément pourquoi le *ciel d'hiver n'est pas le même que le ciel d'été*, car à la même heure solaire, les constellations prennent chaque 24^h des positions plus avancées vers l'occident. Elles sont fixes dans l'espace, aussi bien que le Soleil; mais ce mouvement de la Terre dans son orbite produit la même illusion que si elle était fixe et que le Soleil traversât les constellations successives, par une progression lente dirigée vers l'orient, se rapprochant de celles qui se couchent peu après lui, les atteignant et les dépassant ensuite. L'étoile, ainsi placée à la droite du Soleil, se couche et se lève un peu avant lui : bientôt, en continuant de s'écarter à gauche, il la laisse devancer son lever d'environ 1^h, la faible clarté de l'aurore ne suffit plus pour l'absorber; on la voit paraître à l'orient quelque temps avant le Soleil : c'est le *lever héliaque* de cette étoile. Le *coucher héliaque*, au contraire, a lieu pour l'étoile qui se couche environ 1 heure après le Soleil.

Ainsi lorsque après avoir cessé de voir depuis quelque temps un astre voisin du Soleil, on l'aperçoit la première fois le matin à l'orient avant le jour, c'est son lever héliaque. Si on le voit à l'occident dans les feux du Soleil qui vient de se cacher sous l'horizon, c'est le coucher héliaque. Ce ne sont donc que des apparences passagères, causées par le plus ou moins de proximité apparente du Soleil; et qui se manifestent, pour les étoiles éclatantes; à environ une heure de distance.

L'épithète de *cosmique* se donne aux phénomènes qui arrivent à l'instaut du Soleil levant; celle d'*acronyque* à ceux du couchant. Le lever et le coucher cosmiques ont lieu le matin : le lever et le coucher acronyques ont lieu le soir. Une planète est dite acronyque lorsqu'elle se lève au Soleil couchant pour

demeurer visible la nuit entière. Le lever cosmique précède le lever héliaque de 12 à 15 jours; le coucher acronyque suit le coucher héliaque d'une égale durée.

Comme chaque année les levers et couchers héliaques des étoiles reviennent avec la même position du Soleil dans l'écliptique, leur retour a servi, dans l'antiquité, de signe pour fixer l'époque des travaux agricoles. C'est ce qui a fait accorder une si haute importance à ces phénomènes, dont l'observation est très facile (nos 255 à 291).

Puisque la Terre n'a accompli qu'au bout d'un an le tour entier de son orbite, les 360° de ce cercle sont distribués sur la durée de l'année entière. En divisant 360° par $365^j,2422181$, on trouve que si sa révolution était uniforme, le retard serait par jour de $59',138837 = 59'8''\frac{1}{3}$ (environ 1°, ou $4'$ de temps). Telle est l'*étendue de l'arc moyen que le Soleil nous semble parcourir chaque jour d'occident en orient.*

36. *L'orbite de la Terre n'est pas circulaire ; le Soleil n'occupe pas le centre de cette courbe ; enfin, le mouvement de translation n'est pas uniforme.* Nous allons démontrer ces trois propositions.

Les variations de la distance solaire sont trop faibles pour qu'on puisse les tirer de la parallaxe, puisque l'angle sous lequel la Terre est vue du Soleil n'est que de $17''$; mais on remarque que le diamètre apparent du Soleil change périodiquement avec l'époque annuelle, et que les équinoxes et les solstices ne partagent pas l'année en quatre durées égales ; d'où il a été facile de juger que le Soleil S (fig. 12) n'est pas à égale distance de la Terre T dans tous les moments. Le point P le plus rapproché de cet astre est le *Périgée* ou *Périhélie ;* le point A diamétralement opposé est le plus éloigné : c'est l'*Apogée* ou l'*Aphélie.* Ces deux extrémités P et A sont les *Apsides.* C'est à peu près au solstice d'hiver que la Terre est au premier point ; elle est alors plus proche du Soleil. Elle atteint le second point A vers l'autre solstice, où nous nous trouvons à la plus grande distance de cet astre.

A l'apogée A, le diamètre solaire est 31′31″0; au périgée P, il est 32′35″6; la différence est assez légère. Il en résulte pourtant que les deux lignes AS, SP sont un peu inégales. Et comme ces distances sont en raison inverse des diamètres apparents, on a la proportion AS : SP :: 32,5933 : 31,5167, c'est-à-dire que si de la plus grande distance solaire, on retranche son 30e à peu près, on a pour reste la plus petite.

Voici les résultats numériques des calculs (n° 39).

Distance du Soleil à la Terre.

Périgée........	23 580 ray. terr.	ou 33 780 420	lieues de 2280 toises.
Apogée.........	24 388...........	34 938 540	
Moyenne.......	23 984...........	34 359 470	
Grand diamètre.	47 969...........	68 720 570.	

Ainsi la plus grande distance surpasse la moyenne de 580000 lieues, quantité très petite comparativement aux dimensions de l'orbe. On suppose ici ray. terr.=1432,7 lieues (page 30).

37. En supposant à la Terre la même vitesse en tout temps, l'espace ou l'arc décrit aurait même longueur pour des durées égales: et puisque la distance ST (fig. 12) varie, deux arcs égaux de l'orbite, vus du Soleil, paraîtront inégaux. On les jugera plus grands pour des distances moindres. C'est aussi ce qui arrive, et l'espace angulaire que le Soleil semble décrire chaque jour varie avec le diamètre apparent, c'est-à-dire avec l'éloignement. Mais en comparant les longueurs des rayons vecteurs aux accroissements de ces angles; on reconnaît que ceux-ci sont plus grands qu'ils ne doivent l'être à raison du seul changement de distance.

C'est ainsi qu'au périgée, où le diamètre apparent est de 32′,593, le Soleil nous semble décrire en 24h un arc de l'écliptique de 61′,165, tandis que cet arc n'est que de 57′,192 à l'apogée, où le diamètre est de 31′,517. D'où il suit qu'un spectateur placé dans le Soleil, verrait notre globe décrire un arc d'environ 61′ au périgée, et de 57′ à l'apogée. Si le rapport des arcs décrits était égal au rapport des diamètres apparents, qui est l'inverse

Digitized by Google

des distances, c'est-à-dire si $\frac{61165}{57192}$ était $= \frac{32593}{32517}$, et qu'une égalité semblable subsistât pour tous les lieux de l'orbite, on en conclurait que le mouvement annuel est uniforme, et que la différence des distances est la seule cause du changement de vîtesse apparente. Mais puisque ces deux fractions ne sont jamais égales, on est forcé d'admettre un ralentissement réel de la Terre à mesure qu'elle s'éloigne du Soleil, et une accélération quand elle s'en rapproche. Elle se meut donc avec plus de vitesse au périgée qu'à l'apogée.

Mais on trouve que la 1re fraction est égale au carré de la 2e, et par conséquent le rapport des arcs parcourus égal au carré du rapport inverse des distances; *si l'on multiplie le carré du rayon vecteur par l'angle qu'il décrit en un jour, ce produit est donc constamment le même dans toute l'étendue de l'orbite;* on doit admettre cette propriété comme une loi du mouvement annuel, fournie par l'observation.

Donc, si du Soleil S (fig. 11), on mène des rayons vecteurs ST, SB, aux extrémités T et B de l'arc décrit en un jour, le produit du carré de ce rayon TS par l'arc *ab*, qui mesure l'angle S, est constant dans toute l'orbite; le rayon *Sa* est quelconque, pourvu qu'il soit le même pour tous les angles décrits. L'arc TB d'écliptique, que la Terre décrit en en jour, est vu du Soleil sous l'angle TSB dont il s'agit ici, et est égal à l'arc apparent que le Soleil nous semble décrire dans le même sens, à la région opposée du ciel.

Remarquez que les points B et T sont supposés assez rapprochés pour que l'arc TB de l'orbite soit de même longueur que l'arc de cercle TA décrit du rayon ST. Or, dans une courbe, qui diffère si peu d'un cercle dont S serait le centre, rien n'empêche de prendre la durée assez courte pour que l'arc TB soit très petit; ce qui entraînera la condition prescrite. En prenant donc, au lieu d'un jour, une heure ou une minute pour unité de temps, on pourra, en toute rigueur, dire que le produit dont il s'agit est partout le même, et le secteur circulaire STA sera censé égal à celui STB de l'orbite. Nous tirons de là deux conséquences.

38. 1°. Puisque l'aire du secteur STA (fig. 11), ainsi que l'enseigne la Géométrie, est $= TA \times \frac{1}{2} ST$, et qu'on a

$$Sb : ST :: ab : TA = \frac{ST \times ab}{Sb},$$

on obtient

$$\text{aire } SBT = STA = \frac{1}{2} (ST)^2 \times \frac{ab}{Sb}.$$

Sb étant le même rayon, et le produit $ab \times ST^2$ ne changeant pas dans toute l'orbite, les secteurs STB décrits dans un temps très court et constant, ont pour mesure une quantité invariable; ces secteurs ont donc même aire partout. Et si l'on prend un nombre quelconque de ces unités de temps, les secteurs décrits étant égaux, l'aire totale décrite est leur somme, qui est autant de fois le secteur élémentaire qu'on a pris d'nnités : d'où résulte que *les aires décrites par le rayon vecteur sont égales en temps égaux ; dans des temps inégaux, elles sont proportionnelles à ces temps, quelle qu'en soit la durée.* A mesure que le rayon ST croît, l'angle S, décrit dans un temps quelconque, diminue, ct l'aire STB demeure la même; cette aire devient double dans un temps double; triple, si le temps est triple, etc.

39. 2°. Nous avons vu que chaque angle décrit dans un temps fixé, étant multiplié par le carré de la distance, donne un produit constant; or, à la distance moyenne, que nous ferons $= 1$, l'arc décrit en un jour est connu par observation, et $= 59' 128$; notre produit est donc 59,128, qui est le même pour tous les rayons vecteurs. Donc si l'on observe quel est, chaque jour, l'arc apparent d'écliptique parcouru par le Soleil, puisque le produit de cet arc par le carré de la distance correspondantc est 59,128; en divisant 59,128 par cet arc parcouru et extrayant la racine carrée, on aura la distance de l'astre à la Terre, exprimée en parties de la distance moyenne prise pour unité. Et si l'on veut exprimer la distance en rayons terrestres, il faudra multiplier le résultat par 23984.

Voici, par ex., pour le 1[er] jour de chaque mois, l'angle décrit en un jour par le rayon vecteur, tel que les observations le

donnent, et la distance correspondante du Soleil, telle qu'elle résulte du calcul, la distance moyenne étant prise pour unité.

mois.	*angle.*	*distance.*	*mois.*	*angle.*	*distance.*
Janv......	61′ 10″	0,983	Juillet.....	57′ 13″	1,0168
Févr.......	60.51	0,986	Août......	57.28	1,0144
Mars......	60. 5	0,992	Sept......	58.10	1,0082
Avril......	59. 3	1,0066	Oct........	59. 7	1,0001
Mai.......	58. 6	1,0088	Nov.......	60.10	0,991
Juin.......	57.26	1,0146	Déc.......	60.56	0,986

Il est facile maintenant de tracer l'orbite de la Terre. Marquez un point S (fig. 13) pour le lieu fixe du Soleil, et tracez par ce point une suite de droites formant entre elles les angles respectifs, qui sont exécutés par le rayon vecteur chaque jour de l'année; ces lignes représenteront la position de ces rayons vecteurs. Portez sur chacune la longueur que le calcul montre appartenir au rayon qu'elle représente; joignez enfin les points ainsi obtenus par un trait continu, et vous aurez la courbe P♎AT..♈ qui figure l'écliptique.

La ressemblance de cette courbe avec la section conique nommée *Ellipse*, est confirmée par les calculs les plus précis, qui en établissent l'identité parfaite. Donc l'*écliptique, ou l'orbite annuelle de la Terre, est une ellipse dont le Soleil occupe l'un des foyers.*

L'ellipse est une courbe PHAG (fig. 13) que sa ligne AP de plus grande longueur coupe en deux parties égales; le *centre* C est le milieu de cette ligne AP, qu'on nomme *grand axe*. Sur AP, il y a deux points S et F à distance égale du centre, qu'on nomme les *foyers*, et qui jouissent de cette propriété : si de ces foyers S et F on mène des droites ST, TF à un point quelconque T de la courbe, la somme de ces deux distances est toujours égale au grand axe AP. Soit pris un fil qui ait AP pour longueur, et dont les extrémités soient fixées aux foyers S et F; on voit que si l'on tend ce fil, à l'aide d'un stylet T, pour lui donner la forme FTS, FGS, etc., la pointe sera sur la courbe dans toutes ses positions; on décrira l'ellipse en faisant glisser la pointe le long du fil, et le maintenant toujours tendu.

La longueur CA ou CP est la moyenne distance (dont nons avons donné la valeur n° 36); la perpendiculaire GH au grand axe, menée par le centre C, est le petit axe; et puisque FG=SG, et que la somme de ces deux lignes est =AP, on a FG=SG= distance moyenne CP=demi grand axe; enfin CS ou CF est ce qu'on nomme l'*Excentricité;* c'est la différence entre la moyenne distance CA et la plus grande SA, ou la plus petite SP. *Voy.* mon *Cours de Mathématiques pures*, n° 386.

Comparons les angles décrits chaque jour par le rayon vecteur ST : le plus grand et le plus petit de ces angles indiquent les points opposés A et P; ce sont les sommets ou *Apsides ;* la durée qui sépare les instants où la Terre arrive en ces points est celle d'une demi-année. Des observations très précises ont donné les lieux qui seuls remplissent ces deux conditions : on reconnaît que la Terre est arrivée au périgée P le 1[er] janvier 1828 à $8^h\ 24'\ 42''$ du matin, temps moyen de Paris, et à l'apogée A le 2 juillet; que la plus grande distance AS=1,01685, la moindre PS=0,98315, la moyenne distance étant prise pour unité; la demi-différence de ces nombres donne 0,01685 pour l'*excentricité, qui est les* 1685 *cent-millièmes de la moyenne distance ou du demi-grand axe.* En multipliant ces nombres par 23984, les longueurs sont exprimées en rayons terrestres; et pour les avoir en lieues de 2280 toises, il faut en outre multiplier par 1432,7 (*voy.* n° 36).

40. Nous avons prouvé (n° 24) que l'écliptique céleste est un grand cercle de la sphère, au centre duquel nous semblons être fixés; que ce plan, celui de l'équateur céleste et les pôles, sont de même immobiles dans l'espace. L'intersection de l'équateur D♈C♎ (fig. 15) par l'écliptique A♈P♎ se fait suivant la droite ♈♎, diamètre de ces deux cercles célestes : ses extrémités sont les *équinoxes*, éloignés de 180°; le signe ♈ est le point où nous paraît être le Soleil au *printemps*, ♎ est le lieu de cet astre le jour même de l'équinoxe d'*automne*. Mais le Soleil étant réellement placé en T, la Terre est en effet en ♎ au printemps, en ♈ à l'automne.

La figure 12 représente les positions de la Terre aux divers signes; P est le périgée, A l'apogée; mais pour conformer leur langage aux apparences, les astronomes rapportent au Soleil le mouvement annuel de translation dans l'écliptique; ainsi chacun rectifiera aisément les termes dont ils font usage, et que dorénavant nous adopterons. S sera censé le lieu fixe de la Terre tournant chaque jour sur son axe; tandis que le Soleil décrit en un an la courbe elliptique P♎A♈ (fig. 15), inclinée sur l'équateur DC de 23° 28′. Le Soleil semble être au périgée P vers le solstice d'hiver; à l'apogée A vers celui d'été, à l'équinoxe ♈ à la fin de mars, à l'autre équinoxe ♎ à la fin de septembre.

Cette ligne ♈♎, tracée dans l'équateur et dans l'écliptique, a une position que nous savons trouver avec précision; elle est très usitée en Astronomie. Nous avons dit, n° 9, que pour faire connaître la situation d'un astre dans le ciel, on en mesure l'asc. dr. et la déclin.; la première est un arc d'équateur qui s'étend entre deux plans horaires, l'un qui passe par l'astre, l'autre qu'on choisit arbitrairement. Les astronomes sont convenus de prendre pour ce dernier plan le cercle horaire qui passe par l'équinoxe ♈; les degrés d'asc. dr. se comptent donc sur l'équateur à *partir du* nœud ♈, *depuis zéro, qui occupe ce point, jusqu'à* 360°, *en faisant le tour entier de ce cercle d'occident en orient, dans le sens du mouvement annuel.*

41. Au lieu de fixer la position d'un astre dans le ciel par son ascension droite et sa déclinaison, on peut le rapporter au plan de l'écliptique. Sur la sphère céleste, abaissez de cet astre un arc de cercle perpend. à ce dernier plan; le nombre de degrés de cet arc est la *Latitude* de l'étoile; donnez en outre la *Longitude,* qui est l'arc d'écliptique céleste compris depuis le point ♈ jusqu'à celui où ce cercle est coupé par le premier arc; et ces deux coordonnées détermineront, comme n° 9, le lieu de l'astre. Les degrés de longitude sont comptés sur l'écliptique céleste, d'occident en orient, et de 0 à 360° à partir du nœud ♈.

Il ne faut pas confondre les arcs de longitudes et de latitude célestes avec ceux de même dénomination usités en Géographie (nº 17) : ce sont également des coordonnées sphériques destinées au même usage, qui est de fixer la situation des points du globe qu'on considère ; mais le plan auquel elles sont rapportées est l'équateur terrestre en Géographie, et l'écliptique céleste en Astronomie.

Ainsi que nous l'avons exposé, nº 9, à l'aide d'un équatorial, ou d'une lunette méridienne et d'un mural, il est facile de mesurer dans le ciel les asc. dr. et les déclin. des astres, on en déduit ensuite les longitudes et latitudes à l'aide du calcul. C'est par les formules de la Trigonométrie sphérique que les astronomes font ces opérations; il n'entre pas dans notre plan de présenter cette théorie qu'on trouvera développée dans notre *Astronomie pratique*, nº 40. On préfère les longitudes et latitudes aux asc. dr. et déclin., dans divers cas que nous exposerons. On sent par exemple, que le Soleil ne sortant pas du plan de l'écliptique, a toujours *zéro de latitude*, et que la distance de cet astre à l'équinoxe suffit pour en donner le lieu; ce qui offre plus de simplicité dans les applications.

Le Soleil change chaque jour sa place dans l'écliptique, et n'a décrit l'ellipse entière qu'au bout de l'année tropique, ayant tantôt accéléré, tantôt retardé sa marche : l'arc moyen est de 59′8″⅓ (nº 35) ; quand le Soleil est en ♈ (fig. 12), sa longitude est 0 ; elle est de 180° au point opposé ♎. Si l'on connaissait la longitude de cet astre à un instant fixe, on en déduirait sa longitude moyenne pour tout autre instant; en ajoutant autant de fois 59′8″⅓ qu'il s'est écoulé de jours. Les astronomes sont dans l'usage de prendre pour départ le midi du 31 décembre, qu'ils nomment l'*Epoque* (le midi du premier janvier pour les années bissextiles). En 1837, par exemple, la longitude moyenne de l'époque est 279° 56′5″02. Il est bien entendu qu'il faut ensuite corriger les erreurs dues au mouvement elliptique, et à plusieurs autres causes dont nous parlerons bientôt (*voy.* nº 111). On a construit des *Tables du Soleil*, destinées à marquer chaque jour le lieu de cet astre dans son orbite :

celles de M. Delambre sont très précises, en y apportant de petites corrections reconnues par Bessel : tous les astronomes en font usage ; la *Connaissance des Tems* en publie chaque année un extrait. On a aussi des tables de de Zach et de Carlini.

Le signe ☉ est employé pour désigner le Soleil.

42. A partir de la ligne ♈♎ des équinoxes, concevons chaque demi-cercle de l'écliptique céleste divisé en six parties égales, ou de 30° ; cette étendue est ce qu'on nomme *un Signe* : le *Zodiaque* est une zone céleste, traversée dans son milieu par l'écliptique, et terminée par deux cercles qui lui sont parallèles, à la distance de 8 à 9° des deux côtés. Les signes déterminent douze divisions égales dans le zodiaque, auxquels on a imposé les noms et les caractères suivants :

Printemps.		*Automne.*
1 Le Bélier ♈, 0 signe.		7 La Balance ♎, 6 signes
2 Le Taureau ♉, 1		8 Le Scorpion ♏, 7
3 Les Gémeaux ♊, 2		9 Le Sagittaire ♐, 8
Été.		*Hiver.*
4 L'Écrevisse ♋, 3		10 Le Capricorne ♑, 9
5 Le Lion ♌, 4		11 Le Verseau ♒, 10
6 La Vierge ♍, 5		12 Les Poissons ♓, 11.

Pour aider la mémoire, on a compris ces douze signes en deux vers latins, où ces noms viennent dans l'ordre où le Soleil y parcourt les signes.

Sunt Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.

Le Soleil est en ♈ à l'instant de l'équinoxe du printemps ; sa longitude et son ascension droite sont nulles ; il entre dans ♉ un mois environ après, quand il a décrit 30° ; dans ♊, quand il en a parcouru 60° ; l'astre entre dans l'Ecrevisse au solstice d'été, à 90° degrés de longitude, etc. ; puis continuant sa route, arrive à la Balance à l'équinoxe d'automne, et au Capricorne à l'instant du solstice d'hiver. L'époque où chaque mois le Soleil entre dans un nouveau signe, dépend de la vitesse de son mouvement et de la nature de l'orbite ; les tables en indiquent les

moments précis. C'est du 19 au 23 de chaque mois que ce passage arrive. Voici la durée qu'en 1828 l'astre met à décrire chaque signe :

♈..	30j 12h 26′8	♋..	31j 10h 53′8	♎..	30j 8h 12′3	♑..	29j 10 22′ 1
♉..	31. 0.19,6	♌..	31. 6.34,0	♏..	29.20.23,6	♒..	29.14.40,8
♊..	31. 8.34,5	♍..	30.20.44,1	♐..	29.12.25,8	♓..	30. 0.11,8
Print	92.21.20,9	Été.	93.14.11,8	Aut.	89.17. 1,6	Hiv.	89. 1.14,8.

On trouve que le 31 décembre 1828 à midi, la long. du périgée (fig. 15) ou l'arc ♈A♎P=$9^s 9^\circ 58', 4''$. Le Soleil, dans son mouvement apparent, est au sommet P, le plus rapproché, ce même jour, à $2^h 31' 15''$ du soir, au sommet A le plus éloigné le 2 juillet 1829 à $5^h 45' 41''$ du matin ; à l'équinoxe ♈ du printemps le 23 mars à $7^h 0' 45''$ du soir ; enfin à l'équinoxe ♎ d'automne le 21 septembre à $9^h 55' 15''$ du matin.

Les quatre saisons sont d'inégales durées, ce qui suit de la variation de vitesse et de distance du Soleil. Le printemps est plus court que l'été et plus long que l'automne : l'hiver est la moins longue des saisons. D'après les données ci-dessus, on peut, à très peu près, désigner l'époque de l'entrée dans chaque signe, et celle du retour des saisons, connaissant le moment où l'un de ces phénomènes arrive ; consultez au reste la table I.

Il résulte de cet exposé que c'est précisément lorsque la Terre est plus éloignée du Soleil, que l'été arrive pour les habitants de l'hémisphère boréal, alors que l'émission de la chaleur est plus faible à raison de la distance. Mais l'élévation de la température est due à la longue durée des jours et à la direction moins oblique des rayons du soleil. La chaleur qui n'a pas le temps de se dissiper pendant des nuits très courtes, s'accumule sans cesse, et devient très élevée (*) ; le contraire arrive en hiver.

(*) Il ne faut pas oublier que la latitude d'un pays n'est pas la seule cause de l'accumulation de la chaleur en été : les circonstances de localités exercent aussi une grande influence ; telles sont la force et la direction des vents, la sérénité du ciel, le voisinage des montagnes, des forêts, des mers et des lacs, la nature même du sol, etc. ; aussi, à mêmes latitudes, la température peut être différente.

On serait porté à croire que l'hémisphère austral étant plus rapproché du Soleil dans notre hiver, et recevant alors plus de chaleur dans son été que nous dans le nôtre, a des étés plus chauds et des hivers moins froids que nous : mais Lambert a depuis long-temps prouvé qu'il n'en est pas ainsi.

En effet, la chaleur que le Soleil verse sur la Terre décroît comme le carré de la distance augmente; et d'un autre côté la vitesse angulaire du mouvement de l'astre varie aussi dans ce même rapport. Ainsi, aux accroissements successifs de longitude solaire, correspondent des changements de vitesse et par suite des variations dans la chaleur émise, qui se font une exacte compensation. Qu'on trace sur le plan de l'écliptique (fig. 13), une droite quelconque ♈♎ traversant le Soleil et formant un diamètre de cette ellipse, cette droite coupera l'orbite en deux arcs généralement inégaux, de chacun 180° de longitude. Or, quel que soit ce diamètre, la terre mettra des temps différens pour arriver d'une extrémité à l'autre, et recevra la même quantité de chaleur de chaque côté. La partie de cette courbe ♈P♎ qui contient le périhélie P sera décrite plus rapidement, parce que la Terre a alors une plus grande vitesse, ainsi qu'on l'a déjà dit : la chaleur reçue sera aussi plus grande, puisque la distance est moindre. Mais il s'établit une compensation dans le mouvement sur l'autre partie de la courbe ♈A♎ qui contient l'aphélie A; la vitesse, la chaleur y sont moindres, et aussi il faut un plus long temps pour décrire cette demi-orbite. C'est ce qui résulte de ce que la quantité de chaleur reçue pendant une partie quelconque de l'année, est proportionnelle à l'angle décrit par le rayon vecteur, dans cet intervalle de temps.

On voit donc que la quantité de chaleur envoyée par le Soleil à la Terre est la même en allant de l'équinoxe du printemps à celui d'automne, qu'en revenant de celui-ci au premier. Le temps plus long que le Soleil emploie dans le premier trajet est exactement compensé par son éloignement aussi plus grand; et les quantités de chaleur qu'il envoie à la Terre sont les mêmes pendant qu'il se trouve, soit dans l'un, soit dans l'autre hémisphère. *Voy.* un Mémoire de M. Poisson, *Connaissance des*

Tems, 1830. Ainsi toutes les circonstances accessoires étant les mêmes pour deux latitudes égales, l'une boréale et l'autre australe, la température doit en général se trouver aussi égale, à des époques correspondantes de leurs saisons.

43. En observant le Soleil à l'aide de verres colorés qui en affaiblissent l'éclat, on y remarque des taches noires environnées d'une bordure moins foncée : quelques-unes de ces taches ont souvent 1′ de diamètre; et comme la Terre n'est vue du Soleil que sous un angle de 17″, ces taches égalent 3 fois l'aire de notre globe. En 1779 et 1795 il y en eut de 6 à 12 mille lieues de diamètre; l'une d'elles était 4 à 5 fois plus étendue que la Terre. Le 28 août 1805, dix taches se réunirent en une seule de 20000 lieues de largeur. Une seule seconde angulaire répond à 165 lieues de diamètre, ou 82 mille lieues carrées de superficie. On a vu de ces taches qui avaient 16 mille lieues de diamètre.

Les taches ne restent pas fixes sur le disque de l'astre; on les voit passer et traverser en 14 jours environ, disparaître, puis revenir 14 jours après sur le bord opposé. Quelquefois ces taches s'effacent tout à coup, tandis qu'on en aperçoit de nouvelles; car leur nombre est très variable (on n'en a vu aucune durer plus de 70 jours), et elles se présentent avec une irrégularité perpétuelle; leur marche seule est constante. On rapporte même que, vers l'an 535, la lumière du Soleil fut diminuée durant 14 mois, et qu'en 626 la moitié du disque fut obscurcie pendant tout l'été. Plusieurs fois on a compté jusqu'à 50 taches; mais quelque temps après ces taches finissaient par disparaître en entier.

En suivant avec attention les mouvements de révolution de ces taches, on a reconnu que le Soleil tourne, comme la Terre, sur un axe, ayant ses deux pôles et son équateur : on a même pu évaluer la durée de la rotation et connaître la direction de l'axe, ainsi que nous le dirons plus tard.

Le plus souvent les taches sont comprises dans une zone qui ne s'étend qu'à 31° environ de l'équateur solaire. On remarque aussi des *facules*; on nomme ainsi des points d'une lumière

plus éclatante. Toutes ces apparences présentent des stations et des rétrogradations comme les planètes (n° 89), dues aux mêmes causes, comme il sera expliqué.

L'existence des taches a paru à quelques astronomes concorder avec une saison chaude ; on cite qu'en 1823, l'été s'est trouvé froid et humide ; le thermomètre ne s'est élevé qu'à 23°7 Ré. à Paris, et le Soleil n'a montré aucune tache ; tandis qu'en 1807 l'été a eu de grandes chaleurs, et les taches ont été fort étendues. D'autres personnes résistent à cette opinion, et pensent qu'il n'y a aucune relation entre ces circonstances. Des hivers très rigoureux, des étés très chauds sont arrivés en l'absence des taches ou en leur présence. L'an 1783 fut remarquable par sa fertilité et la grandeur des taches solaires ; un brouillard sec couvrit l'Europe et fut suivi du tremblement de terre de la Calabre.

Doit-on conjecturer, avec Laplace, que le Soleil soit une masse embrasée qui éprouve d'immenses éruptions, dont nos volcans donnent à peine une idée? les taches du Soleil seraient alors de vastes cavités, d'où sortiraient par intervalle des torrents de lave ; ou bien, selon Galilée, ce seraient des fumées et des scories nageant sur un océan embrasé. Cette hypothèse n'est guère admissible, parce qu'elle ne s'accorde pas avec les apparences qu'on observe. L'opinion de Herschel est assez généralement reçue des astronomes. Ce savant pense que le Soleil est un corps solide, environné d'une atmosphère de nuages enflammés, dont la matière est soumise à un flux et reflux perpétuel, et qui, s'entr'ouvrant quelquefois, nous laisserait apercevoir le noyau obscur, distant de 800 lieues des nuages éclatants. En effet, Wilson a vu que les taches qui bordent le disque sont étroites et sans pénombre du côté du centre, et que cette bordure n'entoure de tous côtés que les taches centrales; précisément comme si un trou conique s'offrait sous divers aspects à mesure que la tache tourne. Ce qui paraît justifier cette opinion, c'est que les taches restent invisibles un peu plus de temps qu'à traverser le disque apparent, comme si la partie lumineuse était distante du noyau. M. Fourier avait remarqué que les gaz incandescents

ne sont pas susceptibles de la polarisation comme les substances solides ou liquides et lumineuses; et M. Arago a reconnu, qu'en effet la lumière du Soleil est, dans le premier cas, ce qui paraît prouver qu'elle émane d'une atmosphère. On conçoit d'ailleurs que la matière incandescente du Soleil ne peut vraisemblablement pas être solide ou liquide, à cause de sa température élevée. Dans l'opinion d'Herschel, les facules sont des portions de nuages éclatants et condensés.

Quelques personnes ont été jusqu'à croire qu'il existait entre le noyau du Soleil et ses nuages enflammés une atmosphère très dense, qui en diminuait l'ardeur et l'éclat jusqu'à rendre l'astre habitable. On sent combien toutes ces notions sont vagues et conjecturales.

Quant à la température du Soleil, M. Pouillet l'estime de douze cents degrés centigrades, d'après une expérience ingénieuse. Qu'une sphère de glace à zéro soit percée d'un conduit où l'on a placé un thermomètre: l'instrument ne restera pas à zéro, si l'on y fait arriver des rayons solaires par l'orifice du conduit. Connaissant la distance du foyer d'émanation, et le rapport du diamètre de l'orifice à celui de la sphère de glace, et la quantité dont le thermomètre a monté, on calculera aisément la quantité de chaleur émise. Or M. Pouillet a trouvé que jamais le thermomètre ne s'élevait à plus de 7 degrés et demi, sous l'influence du Soleil, et ne restait pas à moins de 6 degrés; ces données l'ont conduit à conclure que l'astre a 1200 degrés de température moyenne. Nous ne citons pas cette expérience comme parfaitement concluante, mais seulement pour donner une idée des difficultés que présentent ces recherches, et du but qu'elles se proposent d'atteindre.

La nature de la lumière est encore aujourd'hui un sujet de contestation entre les physiciens. Les uns adoptent le système de l'*émission*, en s'appuyant sur l'autorité de Newton; ils veulent que tous les corps lumineux jouissent de la faculté de lancer des particules excessivement déliées et rapides, qui produisent la chaleur et la lumière. Les autres veulent que l'espace soit rempli d'un fluide très rare, nommé *éther*, dont les molécules sont

vivement agitées par *vibrations* ou *ondulations*, en présence des corps dits lumineux. C'est à peu près ainsi que les vibrations d'un corps sonore deviennent sensibles à nos oreilles par l'intermédiaire des ondulations de l'air; mais la lumière est transmise à nos yeux par l'éther, fluide bien plus rare, plus élastique et plus mobile. Les mouvements perçus par nos organes produisent la sensation de la lumière, sans que le volume des corps lumineux soient altérés. Sans nous arrêter à discuter ici ces deux opinions étrangères à notre objet, nous dirons que la lumière vibratoire se prêtant mieux à l'application des phénomènes observés, réunit aujourd'hui le plus grand nombre de partisans.

On ne doit cependant pas regarder comme une objection insoluble contre le système de l'émission, ce fait, que depuis un temps immémorial le volume du Soleil n'a éprouvé aucune diminution, en sorte qu'on doit croire que la masse du Soleil est invariable. Ceux qui attribuent la lumière et la chaleur à une *émanation* croient le contraire, quoique cette combustion ne paraisse pas jusqu'ici avoir diminué le volume de cet astre. Mais remarquons que son diamètre est d'environ 2000″, dont chacune répond à 165 lieues, à la distance de 34 millions de lieues où se trouve l'astre. Or, si son diamètre diminue chaque jour de 2 pieds, ce qui est énorme pour un corps aussi volumineux, et pour une substance aussi rare que la lumière, la diminution serait de 122 toises par an, et de 160 lieues, ou 1″ après 3000 ans. Ainsi après 30 siècles, la combustion serait imperceptible pour nous, puisque nos instruments ne sont pas assez parfaits pour nous permettre d'apprécier 1″ de diminution sur le diamètre de l'astre. L'opinion émise par Buffon que le Soleil répare ses pertes en absorbant des comètes à de certaines époques n'est donc pas nécessaire à admettre dans les deux systèmes, soit de l'émission, soit des vibrations. Cette idée est privée de vraisemblance, d'après ce qu'on connaît du peu de masse des comètes.

Quoi qu'il en soit de ces hypothèses, on n'en doit pas moins reconnaître que le Soleil est un corps sphérique qui, comme la Terre, a une rotation autour d'un axe central; son équateur est incliné de 7° 30′ sur l'écliptique. L'astre emploie environ 25

jours et demi à accomplir cette révolution; mais à raison du mouvement de translation de la Terre dans son orbite, qui s'effectue dans le même sens, la durée de la rotation nous paraît être de près de $27^j \frac{1}{4}$. Les nœuds de l'équateur du Soleil, ou ses points d'intersection avec l'écliptique, sont à 80° 7′ et 260° 7′ de longitude. Comme vers le 11 juin et le 12 décembre la Terre a ces longitudes, elle se trouve dans cette ligne de section, et nous voyons l'équateur solaire sous la forme d'une droite inclinée de 7° 30′ à l'écliptique.

Trompé par ses expériences, Bouguer croyait que la lumière a plus d'éclat au centre du Soleil que vers les bords; qu'ainsi quelque cause devait affaiblir celle-ci. De même que notre atmosphère affaiblit la lumière des astres, surtout à leur lever où les rayons traversent obliquement une plus grande étendue d'air, il pensait aussi que le Soleil est environné d'une immense atmosphère : mais par des expériences très délicates, M. Arago a reconnu que les bords du disque ont même éclat que le centre, ce qui renverse cette hypothèse.

La *Lumière zodiacale* est une lueur blanche qu'on aperçoit lorsque l'astre est un peu au-dessous de l'horizon, et qui est assez rare pour laisser distinguer les petites étoiles au travers. La forme de cette lueur est celle d'un fuseau très étroit dont la base s'appuie sur le Soleil, qui a souvent plus de 100° de longueur, et dont l'axe est dans l'équateur solaire. Au mois de mars, la Terre étant placée plus favorablement, on distingue ce fuseau lumineux après le coucher du Soleil, et on le voit se diriger vers Aldébaran : en automne, on le remarque avant le lever; et vers le solstice d'été, on le voit matin et soir. On ignore ce qui produit la forme lenticulaire et l'étendue de cette lueur; mais il est établi qu'on ne peut regarder la lumière zodiacale comme produite par l'atmosphère du Soleil, ainsi qu'on l'avait pensé, parce que cette hypothèse est contredite par la théorie de l'attraction.

Dominique Cassini affirme, dans son ouvrage, que la lumière zodiacale est constamment plus vive le soir que le matin; qu'en peu de jours sa longueur peut varier entre 60 et 100 degrés; que ces variations sont liées à l'apparition des taches solaires, de

sorte qu'il y aurait eu dépendance directe, et non pas seulement coïncidence fortuite, entre la faiblesse de la lumière zodiacale en 1688, et l'absence de toute tache ou facule sur le disque solaire, dans cette même année.

Selon M. Arago (Annuaire de 1836, p. 298), de très bons esprits regardent les résultats de Dominique Cassini comme peu dignes de confiance. Il leur répugne d'admettre que des changements physiques sensibles puissent s'opérer simultanément dans l'étendue immense que la lumière zodiacale embrasse. Suivant eux, les variations d'intensité et de longueur signalées par ce grand astronome n'avaient rien de réel, et il ne faut en chercher les explications que dans des intermittences de la diaphanéité atmosphérique. Il reste à savoir si en effet ces objections sont fondées, ce que M. Arago ne semble pas admettre, et il recommande aux voyageurs qui parcourent les contrées où le ciel est moins nébuleux qu'en Europe, de faire les observations propres à confirmer ou à détruire celles de D. Cassini.

Enfin, un dernier sujet de recherches dont les éléments nous manquent totalement, c'est la cause de la prodigieuse déflagration qui existe dans le Soleil. En remarquant qu'un courant électrique entretient à l'état d'incandescence permanente et sans déperdition de substance, un charbon placé sous le vide pneumatique, certaines personnes ont assimilé la masse solaire à une immense batterie électrique. La tranquillité qu'on reconnaît aux régions polaires du Soleil, comparée à l'agitation des régions équatoriales, où les taches et les facules changent sans cesse de figure et de position, ne pouvant s'expliquer par la rotation sur un axe, doit provenir d'une cause extérieure. Au reste, ce sujet est de nature à rester encore long-temps incertain, et le champ des conjectures est trop vaste pour nous y hasarder.

De la mesure du Temps.

44. Un pendule se retrouvant, après chaque oscillation, dans le même état, nous offre la plus facile des divisions de la durée en parties égales : on le donne comme régulateur de la marche des horloges. Mais le temps de l'oscillation dépend de

la longueur du pendule et de quelques circonstances physiques; on est donc forcé, pour le régler et le vérifier, de recourir à la révolution diurne, qu'on sait être parfaitement uniforme (n° 2), tel est le *Jour sidéral*, durée qui s'écoule de l'instant où une étoile passe au méridien supérieur jusqu'à celui où elle y revient, et qui est la même pour tous ces corps : elle commence et finit au moment où l'équinoxe ♈ passe à ce méridien, et est divisée en 24^h, qu'on compte de 0 à 24.

Le ciel étoilé est donc une horloge parfaite réglée sur le temps sidéral; une étoile passe au méridien à l'heure marquée par son ascension droite en temps; et l'on peut assimiler l'astre à la pointe de l'aiguille qui indique l'heure sur un cadran : seulement il y a autant d'aiguilles indicatrices que d'étoiles au ciel.

Comme le Soleil règle tous nos travaux, et que cet astre est le plus facile à observer, ses révolutions diurnes servent à mesurer le temps pour les usages de la société. Le *jour vrai* ou *solaire* se compte à partir de minuit, passage du Soleil au méridien inférieur: il est formé de 24^h qu'on partage en deux durées de 12^h chaque; l'une qui commence à midi. Les astronomes comptent les heures solaires de 0 à 24, à partir de midi; c'est ce qu'on appelle le *jour astronomique*. Le 15 du mois à 8^h du matin, est alors nommé le 14 à 20^h (*).

Nous savons que les étoiles devancent le Soleil d'environ 4' par jour (n° 38), à raison de l'espace apparent que cet astre décrit vers l'orient. La différence des passages méridiens s'accumule de jour en jour, et après un an, où une révolution entière dans l'écliptique, l'étoile se retrouve dans la même situation à l'égard du Soleil, et a passé une fois de plus au méridien : le *jour solaire est donc plus long que le jour sidéral;* mais la différence est variable, comme nous l'allons démontrer.

(*) Le Bureau des Longitudes, dans ses Tables, commence le jour astronomique à minuit, comme le jour civil, et le compte de 0 à 24^h jusqu'au minuit suivant. *L'époque* (n° 41) répond alors au minuit qui sépare le 31 déc. du 1er janv. Cette méthode, qui a des avantages, n'est pas encore reçue dans les éphémérides.

Imaginons deux cercles horaires menés par les extrémités de l'arc d'écliptique, que le Soleil a paru décrire en 24^h, arc d'à peu près le 365e de son orbite : ces deux plans feront entre eux un angle mesuré, non par l'arc d'écliptique décrit, mais par l'arc d'équateur intercepté. Le temps que le Soleil met à traverser de l'un de ces plans à l'autre, est la différence du jour sidéral au jour solaire. Or,

1°. La vitesse du Soleil est variable, et l'arc d'écliptique parcouru chaque jour change ; tantôt il est de 57', et tantôt de 61' (p. 62) : ces 4' de différence équivalent à 16" de temps; de là une 1re cause d'inégalité.

2°. Même en supposant les arcs décrits égaux, les angles des cercles horaires qui les interceptent ne le seraient pourtant pas, parce que ces angles sont mesurés par des arcs d'équateur sur lesquels ceux d'écliptique se trouvent diversement inclinés; aux équinoxes, ces arcs font un angle de 23° 28', tandis qu'aux solstices ils sont parallèles : telle est la seconde cause d'inégalité.

Ainsi, quoique les jours solaires soient tous partagés en 24^h, ils ne sont cependant pas égaux : ces heures sont donc inégales. Midi n'est pas même le milieu du jour, si ce n'est aux solstices (n° 33, 2°). Une horloge dont la marche est parfaitement uniforme et réglée sur le Soleil ne demeure donc pas d'accord avec cet astre : les différences accumulées rendent les erreurs plus ou moins grandes. On peut maintenant apprécier la bonne foi et l'instruction d'un homme qui, pour exagérer la perfection du travail d'une montre, affirme qu'elle va toujours comme le Soleil.

Dans les usages civils, nous ne tenons pas compte de l'inégalité des jours solaires, parce qu'elle n'est pas assez grande pour intéresser nos besoins. Mais les travaux astronomiques exigent plus de précision; voici le procédé qu'on suit.

45. Le *soleil moyen* est un astre hypothétique qui, participant d'ailleurs à toutes les révolutions diurnes apparentes du ciel, décrirait en un an l'équateur céleste, d'un mouvement uniforme dirigé vers l'est : cet astre parcourrait chaque jour un arc de 59'8" $\frac{1}{3}$ (n° 35), arc d'équateur qui, en temps sidéral,

équivaut à 3′56″½. Qu'une horloge d'une exécution parfaite soit réglée snr ce *soleil moyen*, c'est-à-dire de manière à marquer 3′ 56″ ½ de moins que 24^h, entre deux passages d'une étoile quelconque au méridien (il suffira de qnelques essais, pour que le pendule reçoive la longueur convenable à cette condition); que de plus on mette cette horloge d'accord avec le *soleil vrai* à une époque qui sera bientôt indiquée. Dans l'intervalle, elle avancera ou retardera sur cet astre; mais au bout de l'année tout se trouvera composé et l'accord rétabli, parce que le soleil moyen, partant d'un même cercle horaire avec le soleil véritable, aurait la vitesse qui les ramènerait ensemble à ce cercle, après l'accomplissement de la révolution annuelle entière. Les heures indiqnées par cette horloge, ou ce soleil moyen, est ce qu'on nomme *le Temps moyen* (*).

Il est assez ordinaire aux astronomes de comparer ainsi les mouvements irrégnliers à un état moyen et réglé; cela donne, par un calcul simple, des résultats approchés qu'on corrige ensuite, en considérant les différences comme de petits écarts.

Il y a donc trois manières de mesurer le temps, dont chacune offre des avantages :

1°. *L'heure sidérale*, qui est régulière, et que donnent les étoiles (*voy.* p. 3);

2°. *L'heure moyenne*, qui est également régulière, et dont nous venons d'exposer la nature;

3°. *L'heure solaire ou vraie*, qui est un peu inégale, et que marque le Soleil.

46. Pour comparer le temps moyen au *temps solaire vrai*, il faut convenir d'une époque de départ commune. Supposons la Terre en T (fig. 15), le cercle céleste équatorial D♎C♈, l'écliptique A♎P♈; P le périgée, A l'apogée. Imaginons qu'un

---

(*) *Ces* 3′56″,555 de temps sidéral, ou 3′55″,909 de temps moyen, *sont la quantité dont le jour sidéral est plus court que le jour moyen*, ou celle dont une étoile revient chaque jour au méridien plus tôt que le *Soleil moyen*, en s'avançant vers l'ouest, en sorte que *la sphère céleste accomplit sa révolution en* $23^h56'3''$,5 *de temps sidéral.*

mobile parcourt uniformément l'écliptique AP, *arrivant à l'apogée et au périgée en même temps que le soleil vrai;* sa vitesse constante devra se trouver intermédiaire entre celles que cet astre prend en ces deux points. Le mobile et le Soleil partent de l'apogée A, où la vitesse solaire est la plus lente; le premier devancera d'abord l'astre, qui accélère de plus en plus sa marche, tandis que celle du mobile demeure la même. Les vitesses deviennent bientôt égales, et celle du Soleil continuant de croître jusqu'au périgée P, l'intervalle qui les sépare commence dès-lors à diminuer, pour devenir nul enfin en P, où le Soleil atteint le mobile, puis le devance à son tour. Mais puisque le Soleil se ralentit de plus en plus, il devance le mobile de moins en moins; à mesure que les deux corps approcheront de l'apogée A, leur distance décroîtra, et ils arriveront ensemble en ce point: et ainsi de suite, le Soleil se trouvant sans cesse plus près de l'apogée que le mobile. L'arc qui sépare ces deux corps est l'*Équation du centre ou de l'orbite*, parce qu'en Astronomie on nomme *Équation* les nombres qu'on doit ajouter ou ôter à des valeurs moyennes pour obtenir les véritables. La plus grande équation est maintenant de $1°55'27''3$.

Le mobile partagera donc le cercle de l'écliptique céleste en 365 arcs égaux A*o*, *ol*, *lm*, ... *ia*, *ab*..., et il restera à la fin un petit arc xA provenant de l'excès de l'année sur 365^j; chacun de ces arcs est de $59'8''\frac{1}{3}$. Concevons qu'à partir de l'équinoxe ♈, on ait pris sur l'équateur DC, ♈a' = ♈a, b'♈ = ♈b, ♈c' = ♈c..., l'équateur DC sera ainsi divisé, comme l'est l'écliptique, en un peu plus de 365 arcs égaux $k'i'$, $i'a'$, $a'b'$.... de $59'8''\frac{1}{3}$: ♈ ne sera pas l'un des points de division.

Cela posé, le *soleil moyen* parcourt l'équateur DC de manière à arriver en k' lorsque notre mobile est en k, à atteindre de même les points i', a', b'.... lorsque le mobile est en i, a, b.... ce soleil moyen parcourra des arcs égaux dans des durées égales, c'est-à-dire que son mouvement sera dégagé des deux irrégularités du soleil vrai. Les retours de ce soleil fictif au méridien donnent l'instant du midi moyen.

47. On peut maintenant évaluer l'*Équation du temps*, ou la différence entre le temps vrai et le temps moyen pour chaque jour, en traduisant en calcul les données de la fig. 15. La tab. VIII est destinée à faire connaître cette différence.

Une horloge qui marque le temps moyen peut bien se trouver d'accord avec celle qui donne l'heure vraie ou solaire (*) : mais dans les jours suivants l'accord cesse d'avoir lieu, et la différence est variable. Les *Pendules à équation* donnent ces deux heures; elles ont deux aiguilles des minutes, dont l'une, par sa marche uniforme, indique le *temps moyen*, l'autre marque le *temps vrai*, à l'aide d'un mécanisme particulier destiné à l'accélérer ou à la retarder, précisément comme cela arrive au Soleil. Mais comme la complicatiou des rouages tend à diminuer la régularité de la marche de l'instrument, on doit préférer les bonnes pendules ordinaires qui n'indiquent que le temps moyen, sauf à recourir à la table VIII, si l'on veut en déduire l'heure vraie. On peut donc aisément trouver l'avance ou le retard du Soleil, et se servir constamment, pour les trois unités de temps, d'une pendule réglée sur le temps moyen ou sidéral.

48. Mesurons maintenant les différences de nos trois espèces de temps.

I. *Le temps sidéral se compte de* 0 *à* 24^h, *à partir de l'instant où l'équinoxe* ♈ *passe au méridien supérieur.* Ce point n'est, il est vrai, distingué par aucun astre; mais l'asc. dr. en temps d'une étoile quelconque étant l'heure de son passage au méridien, l'astre sera dans ce plan à l'heure même désignée par son ascension droite en temps. Voilà pourquoi *le temps si-*

(*) En consultant la table VIII, on voit que le Soleil est d'accord avec la pendule moyenne à 4 époques, qui dépendent de la position actuelle de l'apogée A et du périgée P, savoir, les 15 avril, 15 juin, 1er septembre et 24 décembre. Le Soleil avance sur la pendule de la 1re époque à la 2e, retarde de la 2e à la 3e, avance ensuite, etc. : le plus grand retard est de 14′37″ le 11 février, et la plus grande avance de 16′17″ le 3 novembre.

déral exprime l'ascension droite actuelle du zénith ou du milieu du ciel. En observant un passage d'étoile, on aura donc l'heure sidérale.

Dans les observatoires, on emploie de préférence le temps sidéral, parce qu'on a de fréquentes occasions de s'assurer de la marche de la pendule. On note l'heure, la minute et la seconde du passage d'une étoile quelconque aux 5 fils du réticule de la lunette méridienne (page 3), et prenant la moyenne, la pendule sidérale devra marquer, à cet instant, l'heure connue d'avance par l'ascension droite en temps (*voy.* notre catalogue d'étoiles, table XI).

On peut encore régler la pendule sidérale sur le Soleil; car la *Connaissance des Tems* donne l'asc. dr. de cet astre, ou l'heure sidérale de son passage au méridien. On observe à l'aide d'un verre coloré, les instants où les bords occidental et oriental viennent en contact avec les fils de la lunette méridienne; la moyenne est l'heure marquée à l'instant du passage du centre, laquelle doit être donnée, par la pendule sidérale, égale à l'ascension droite du Soleil.

II. *L'heure solaire vraie* s'obtient par le passage du centre du Soleil au méridien, comme on vient de le dire. On peut aussi lire cette heure sur un cadran solaire bien construit; mais ce procédé, en usage pour la vie civile, est très peu précis. Les grandes irrégularités du temps solaire vrai empêchent les astronomes de s'en servir.

III. *Le temps moyen* s'obtient en cherchant le temps vrai, et ayant égard à sa différence avec le temps moyen. Lorsqu'on a observé le passage du ⊙ au méridien, la pendule moyenne doit au même moment marquer le temps moyen à midi vrai, tel qu'on le voit table VIII.

Pour qu'une pendule moyenne soit bien réglée, il faut qu'elle retarde chaque jour sur les étoiles de 3′55″,9 de temps moyen. Ainsi dirigez, à un instant quelconque, une lunette vers une étoile, et remarquez l'heure à votre pendule moyenne, le lendemain le cadran marquera 3′55″9 de moins, quand l'astre reviendra au fil du réticule : il faudra donc monter ou descendre

un peu la lentille, jusqu'à ce que cette condition soit rigoureusement remplie.

A Londres et à Paris, les horloges publiques marquent le temps moyen; ce qui est fort utile, puisque le mouvement de ces machines doit être uniforme comme celui du Soleil moyen. L'usage du temps moyen dans la société est très commode, parce qu'il peut être donné par toute bonne pendule; tandis qu'il faudrait tourmenter la pièce d'horlogerie, et peut-être la détériorer, si l'on voulait la remettre sans cesse d'accord avec la marche du Soleil. Cependant l'usage du temps moyen a l'inconvénient de ne pouvoir mettre les montres à l'heure en consultant le cadran solaire, qu'autant qu'on a égard à l'équation du temps. Si l'on veut, par exemple, connaître l'heure moyenne le 18 octobre, époque où le Soleil avance de 14′42″ sur le temps moyen, il faut retrancher 14′42″ de l'heure qu'indique le Soleil, ainsi à midi vrai, la montre de temps moyen doit indiquer $11^h45'18''$.

Cette équation du temps n'est pas rigoureusement la même chaque année, pour la même date; mais la variation est peu importante, et la table VIII peut servir sans erreur notable, quand on ne veut que mettre une montre à l'heure moyenne, à l'aide d'un cadran solaire, parce que la pénombre du style ne permet d'y estimer l'heure du temps vrai qu'à une demi-minute près. Du reste, l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* fait connaître l'équation du temps avec exactitude.

Lorsque les villes voisines se servent, ici du temps vrai, là du temps moyen, on trouve, en certains temps de l'année, de fortes différences dans les heures marquées par les horloges publiques, différences qui peuvent nuire aux relations commerciales : il serait donc à désirer que toute la France se soumît au temps moyen.

On remarquera que vers le mois d'octobre, la décroissance de la durée des jours semble le soir être très rapide; comme alors le Soleil avance d'environ un quart d'heure, il se couche un quart d'heure trop tôt pour la personne dont la pendule suit le temps moyen. Il est vrai que le matin le Soleil se lève

aussi un quart d'heure trop tôt; mais nos mœurs, autant que les brouillards ordinaires à notre climat en cette saison, nous rendent peu sensibles à cette circonstance. Le contraire de cet effet se fait observer au milieu de février, que le Soleil retarde de près d'un quart d'heure sur le temps moyen, en sorte qu'on a l'impression d'un accroissement rapide de la durée des jours, quand on remarque l'heure de l'arrivée de la nuit sur une pendule de temps moyen.

On règle encore les pendules par des hauteurs correspondantes et des hauteurs absolues; nous reviendrons sur ce sujet pour en faire des applications.

De la Lune.

49. *La Lune n'est pas lumineuse par elle-même; l'éclat dont elle brille n'est qu'emprunté du Soleil.* En effet, d'un côté quoiqu'elle soit 400 fois plus près de nous (n° **20**) sa lumière est 300 mille fois moindre; on a, dans les *phases* que cet astre présente, la preuve qu'il n'est qu'un corps sphérique, opaque, éclairé de divers côtés successifs par le Soleil, que sa partie lumineuse regarde sans cesse: donnons quelques détails sur ces singulières apparences.

Si la partie éclairée de la Lune est directement tournée vers la Terre, ce qui suppose notre globe entre la Lune et le Soleil, par l'effet de la rotation diurne, toutes les parties de la Terre viendront en 24^h s'offrir à la Lune; et tous les habitants de la Terre verront tour à tour cet astre sous la forme d'un cercle lumineux durant la nuit entière. On dit alors que *la Lune est pleine* (fig. 16).

Mais si ces deux astres sont placés du même côté par rapport à nous; la partie éclairée de la Lune regarde le Soleil, et nous est opposée, l'hémisphère qui est tourné vers nous est obscur, et nous ne l'apercevons pas. Ce n'est que durant le jour que nous pourrions voir la Lune; mais elle est invisible, quoique sous nos yeux, non pas parce que l'éclat solaire nous empêche de la voir, ainsi que cela a lieu pour les étoiles, mais parce qu'elle ne nous

renvoie aucune portion de lumière. La *Lune est nouvelle*, et l'on ne la voit ni le jour, ni la nuit; c'est la *Néoménie*. Elle se lève et se couche pendant que le Soleil est sur l'horizon, et passe au méridien vers midi, tandis qu'à la pleine Lune ce passage arrive vers minuit.

Lorsque la Lune est 90° à droite ou à gauche de la ligne qui joint la Terre au Soleil (fig. 16 et 17), il n'y a de visible que la moitié du disque exposée à nos regards; la Lune passe au méridien vers 6^h du soir, et c'est le *premier Quartier*, ou vers 6^h du matin, et c'est le *dernier Quartier*.

Voici donc la suite d'aspects que présente la Lune. Après avoir été invisible pendant 4 à 5^j, on l'aperçoit le soir à 30° ou 40° du Soleil couchant, sous la forme d'un *Croissant* dont les cornes sont tournées à notre gauche; ce n'est d'abord qu'une ligne courbe, convexe vers le Soleil, et qui se perd dans les feux de l'astre; on peut alors avec une lunette, distinguer la partie obscure qui complète le disque lunaire : le passage au méridien arrive une heure et demie environ après midi. Mais ce passage retardant de plus de $\frac{3}{4}$ d'heure par jour, la Lune s'éloigne de plus en plus du Soleil, et le croissant acquiert plus de largeur dans cette durée; le lever ayant lieu peu après celui du Soleil, n'est pas visible, et l'astre n'est aperçu que le soir. Le *premier Quartier* se présente ensuite sous l'appareuce d'un demi-cercle, et la Lune passe au méridien vers 6^h du soir : on dit qu'elle est *Dichotome*.

Dans les jours suivants, l'aire lumineuse s'accroît, la Lune continue de s'éloigner du Soleil, et le lever se retarde de plus en plus : elle est *pleine*, lorsqu'elle est visible sous la forme d'un cercle; son passage méridien, qui continue toujours de retarder, arrive alors vers minuit. Peu à peu son bord à droite s'efface, et bientôt on a le *dernier Quartier*, demi-cercle de lumière qui cette fois est tourné du côté opposé, le diamètre étant à droite. L'astre passe au méridien vers 6^h du matin et se lève vers minuit : on est alors dans le *Déclin*.

La phase se resserre de plus en plus, et ce n'est que le matin qu'on peut l'apercevoir à l'orient, sous la figure d'un croissant

dont les pointes sont dirigées à notre droite. Bientôt ce n'est plus qu'un filet courbe et très voisin du Soleil levant, qu'il précède d'environ 1^h; enfin on cesse entièrement de le voir : c'est la *Néoménie*. Quelques jours après, le croissant reparaît le soir à l'ouest, et les mêmes apparences se reproduisent.

La Lune a toujours son disque lumineux tourné du côté du Soleil; il est à droite au premier quartier, parce que le Soleil est à droite; la phase est du côté gauche dans le déclin, parce que le Soleil est aussi à gauche. On ne voit pas ce dernier phénomène sans quelque intérêt, lorsqu'au premier printemps, ou en automne, durant une nuit sereine, ce léger croissant brille le matin vers l'orient, d'un éclat trop faible pour détruire celui des étoiles : le ciel tourne et entraîne ces points étincelants. La Lune à peine commence sa carrière, et déjà l'astre du jour paraît vers l'est, précédé de l'aurore et de la lumière zodiacale, annoncé par le chant des oiseaux ; il s'élève avec pompe, resplendissant de cette clarté majestueuse qui répand la joie sur toute la nature.

80. Si la Lune décrivait uniformément l'équateur, elle se lèverait à 6^h du matin dans la néoménie, et se coucherait à 6^h du soir : ce serait le contraire à la pleine Lune. Au premier quartier, la Lune se lèverait à midi et se coucherait à minuit; et ce serait l'opposé dans le dernier quartier. Mais la Lune décrit dans l'espace autour de nous, une orbite inclinée à l'équateur et à l'écliptique; elle n'est dans l'un de ces plans qu'au moment où elle le traverse : les heures et les lieux du lever et du coucher ont donc besoin de quelques modifications. La hauteur méridienne de la Lune sur l'horizon est plus ou moins grande selon sa déclin. L'orbe lunaire étant inclinée de $5° 9'$ sur l'écliptique, la Lune est, à de certaines époques, élevée ou abaissée de cette même quantité à l'égard des points le plus haut ou le plus bas du Soleil, c'est-à-dire des midis solsticiaux, abstraction faite de la parallaxe.

81. Lorsque deux astres, vus de la Terre, ont même longitude, c'est-à-dire que les deux arcs menés perpendiculaire-

ment à l'écliptique coïncident, on dit que ces astres sont en *Conjonction* ☌ : ils sont en *Opposition* ☍ lorsque leurs longitudes diffèrent de 180°; dans ce dernier cas, les arcs de latitude sont encore sur le même plan perpendiculaire à l'écliptique et passant par son pôle, mais dans des régions opposées.

Lorsqu'il y a conjonction, si les latitudes des astres étaient égales, ils paraîtraient coïncider, parce qu'ils seraient dans la même direction : autrement, ces astres sont vus élevés l'un au-dessus de l'autre, dans un même arc perpendiculaire à l'écliptique. On a visiblement nouvelle Lune, lorsque ce globe est en conjonction avec le Soleil, et pleine Lune dans les oppositions : ces deux situations à l'égard du Soleil se nomment les *Syzygies;* et si les deux astres et la Terre sont sur la même ligne droite, il y a éclipse de Soleil dans le 1er cas, et de Lune dans le 2e. L'instant d'une syzygie, celui où la longitude de la Lune est égale à celle du Soleil, ou en diffère de 180°, est donné par la comparaison du mouvement relatif de ces deux astres, ainsi que nous allons l'exposer. Il faut en dire autant des *Quadratures* □, ou du premier et du dernier quartier de la Lune, qui arrivent lorsque la longitude de la Lune diffère de 90° et 270° de celle du Soleil; en sorte que les droites qui joignent les centres de ces corps à celui de la Terre, forment un triangle rectangle dont notre globe occupe le sommet de l'angle droit.

Le caractère ☾ désigne la Lune.

82. Dans l'éclipse de Lune, la Terre est entre cet astre et le ☉; le milieu du phénomène est à peu près l'instant de l'opposition, ou de la pleine Lune : notez ce moment : faites-en autant, quelques années après, pour une autre éclipse de Lune : divisez la durée écoulée par le nombre de lunaisons qui ont eu lieu, vous aurez, en termes moyens, l'intervalle de deux pleines Lunes, ou de deux néoménies consécutives, qu'on nomme la *révolution synodique, le mois lunaire* ou *la lunaison*. Ce calcul, qui est d'autant plus exact qu'il y a plus d'années écoulées, donne $29^j 53058857215$, ou $29^j\,12^h\,44'\,2''87$ temps moyen (environ $29^j\,\frac{1}{2}$).

En comparant ce nombre à l'année tropique (page 74), on trouve que celle-ci a *douze lunaisons et onze jours* (12 Lunes et $10^j,875155258 = 10^j\ 21^h\ 0'\ 13'',41$).

Semblable au ☉, la Lune tourne bien avec le ciel entier, mais en même temps elle s'avance à l'est, s'éloignant assez rapidement vers la gauche. Et puisque le ☉ et la ☾ procèdent vers l'est avec des vitesses très différentes, chaque jour qui suit la néoménie, l'espace qui les sépare s'accroît de tout l'excès de vitesse de la ☾ sur le ☉ : l'accumulation des arcs dus à cette vitesse relative ramène la conjonction après $29^j\ \frac{1}{2}$. La Lune se trouve alors avoir parcouru $360° +$ l'arc décrit par le ☉ dans le même temps, arc qui est de $59'\ 8''\ \frac{1}{3}$ multiplié par $29\frac{1}{2}$ (page 78). En divisant cette somme par 29,5305..., le quotient $\frac{360°}{29,5305} + 59'\ 8''\frac{1}{3}$, ou $13°\ 10'\ 35',027$, ou $13°,176396$, est l'arc céleste que la Lune parcourt en 24 h. moy. Cet arc, qui revient à $52'\ 42''$ de temps, est la quantité dont, en 1^j, la Lune s'écartera vers l'est de l'étoile à laquelle elle répond maintenant : *chaque jour la Lune retarde donc sur les étoiles de* $52'\ 42''$; par heure : ce retard est un arc de $32'\ 56'',46$; c'est le *mouvement horaire moyen de la Lune.*

Si le retard est de $13°,176396$ en un jour, on trouve qu'il est de 360°, en $27^j,321582$, ou $27^j\ 7^h\ 43'\ 4'',7$, *époque du retour de l'astre à la même longitude*, et qu'on nomme le *mois lunaire périodique.*

Dans une année commune de 365^j, la Lune décrit 13 circonférences et $129°,384682$: on peut donc, précisément comme on l'a fait n° 41 pour le ☉, conclure de la long. moy. à un instant donné, celle qui a lieu à un autre instant.

Il suit de ce qui a été dit ci-dessus que la fraction.... $\frac{360°}{29,5305} = 12°,19075$, est l'excès de vitesse de la ☾ sur le ☉, ou le mouvement relatif des deux astres. Cet arc, exprimé en temps, est de $48'\ 46''$; *ainsi la Lune marche* 13 *fois aussi vite que le Soleil, et retarde chaque jour son passage au méridien de* $48'\ 46''$ *sur celui du Soleil.* Lorsque la Lune est revenue au

même point du ciel où elle était en conjonction avec le ☉ (après $27^j \frac{1}{3}$), il lui reste encore, pour atteindre cet astre, à parcourir l'espace qu'il a décrit durant la lunaison; et voilà pourquoi celle-ci surpasse le mois lunaire périodique. Le mouvement propre vers l'orient est de 3′ 56″ par jour, pour le ☉, de 52′ 42″ pour la ☾ ; ce sont les retards moyens des passages méridiens de ces astres par rapport aux étoiles; celui de la Lune par rapport au Soleil, est de 48′ 46″.

Nous ne considérons dans tout ceci que des mouvements moyens, dégagés des inégalités qui les altèrent et se détruisent périodiquement (n° 100).

85. Si l'on ne veut avoir égard qu'aux moyens mouvements, rien n'est plus aisé que de prédire le retour des phases, l'*Époque* précise de l'une d'elles étant connue. Supposons que pour le midi du 31 décembre (ou du 1er janvier, si l'année est bissextile) on ait l'*Age de la Lune*, c'est-à-dire le temps écoulé depuis la dernière néoménie; cet âge est ce qu'on nomme l'*Épacte astronomique* (*).

En le retranchant de $29^j\ 12^h,734$, qui est la durée de la lunaison, le reste indique l'époque de la prochaine néoménie moyenne : en prenant au-delà de ce terme $14^j\ 18^h,367$, on a celle de la pleine Lune suivante; et ainsi en continuant pour les syzygies successives. Les quadratures moyennes s'obtiennent d'une manière analogue (**). [*Voy.* la table XIV.]

(*) Qu'on évalue les longitudes moyennes du Soleil et de la Lune pour le midi du 31 déc. (ou le 1er janvier des bissextiles), la différence de ces nombres, convertie en temps, à raison de $12°,19075$ pour 1 jour, sera l'épacte de l'année, d'où résulteront toutes les néoménies moyennes dans les 12 mois qui suivent, et par suite les pleines Lunes et quadratures moyennes. Ces phases ne diffèrent jamais d'un jour des véritables.

Épacte. = long. moy. ☾ *— long. moy.* ☉ *, en temps, à raison de 12°19075 par jour.*

(**) Qu'on répète 13 fois la lunaison $29^j,53058857$, et qu'on ôte les 364^j de l'année commune, le reste est

$$18^j,8976514 = 18^j 21^h,543635 = 18^j 21^h 32' 7''.$$

Au reste, on ne peut déterminer le moment précis des phases, et toutes les autres circonstances de la marche de la Lune, qu'après l'avoir observée avec soin, avoir reconnu les nombreuses inégalités de son cours, et en avoir composé des tables : c'est ce qu'il convient d'expliquer. Suivons la même méthode que pour le Soleil ; observons les excursions de la Lune, sa parallaxe, son diamètre. . .

84. La Lune ne conserve pas la même distance à la Terre, puisque son diamètre apparent change. Ce diamètre, réduit à l'équateur, s'obtient par le moyen qui a été exposé n° **14** ; ou en comptant les minutes et secondes écoulées entre l'*Immersion* et l'*Émersion* des étoiles que cet astre occulte, effet de son retard diurne de plus de $\frac{3}{4}$ d'heure (n° **82**). La comparaison de ces diamètres fait apprécier les variations de distance, comme on l'a vu n° **56**. On a trouvé que la Lune étant pleine, le diamètre peut varier de 29′ 21″,91 à 33′ 31″,07 ; les changements pour le Soleil sont entre 31′ 31″ et 32′ 35″ : la Lune semble donc être tantôt un peu plus petite, tantôt un peu plus grande que le Soleil, ce qui annonce plus d'excentricité dans l'orbe lunaire ; le diamètre est 31′ 7″,0 à la distance moyenne.

85. On a cherché la parallaxe (n° **20**), ou l'angle sous lequel, de la Lune, un spectateur verrait le rayon de l'équateur terrestre, sur le disque apparent qu'y présente notre globe, et l'on a trouvé pour valeurs extrêmes 61′ 24″ et 53′ 48″ ; la parallaxe moy. est 57′ 0″,9. En calculant la distance correspondante, le rayon terrestre étant pris pour unité, on obtient 59,88.

Après une bissextile, il faut ôter 1 de plus. D'après cela, si l'on sait qu'en 1837 la 1re néoménie moy. arrive le 6 janvier à 11h, 49′ du soir. 6.11h49
en ajoutant l'excès de 13 lunaisons sur l'année. 18.21,54

on a la 1re néoménie de l'an 1838 à la date. 25. 9,03
savoir, le 25 janvier à 9h3′ du soir. Partant de ce terme, on formera la table des néoménies, en ajoutant consécutivement 29j,5306, puis celle des pleines Lunes ; en ajoutant ou en ôtant la moitié de ce nombre. *Voy.* la table XVI.

Ainsi la *distance moyenne de la Lune à la Terre est environ 60 fois le rayon terrestre,* ou 86524 lieues : cette quantité est la 400ᵉ partie de la distance solaire (nº 21).

En opérant comme nº 39, on trouve que l'*Excentricité* de l'orbe lunaire est 0,0548442 (à peu près le 18ᵉ de sa moyenne distance), tandis que pour le Soleil elle est de 0,01685, résultat qui s'accorde avec ce qui vient d'être dit.

La parallaxe qui répond à la distance moyenne est 57',596 ; mais de la Terre, c'est-à-dire de la même distance, le rayon lunaire est vu sous un angle de 15',722 ; donc les rayons de ces deux sphères sont dans le rapport de ces nombres ou 0,27293, à très peu près :: 3 : 11. *Le demi-diamètre de la Lune n'est que les trois onzièmes de celui de la Terre ; sa surface est les trois quarantièmes de celle de notre globe, son volume le quarante-neuvième ;* ainsi le diamètre de la Lune a 782 lieues, sa surface a 1 944 000 lieues carrées.

La parallaxe horizontale change avec les lieux d'où nous l'observons ; le rayon du disque apparent de la Terre, vu de la Lune, n'a donc pas la même longueur dans tout son contour. Cette inégalité des demi-diamètres résulte de celle des parallaxes observées, et confirme ce que nous avons dit nº 16, de l'aplatissement de notre globe sous les pôles.

56. Il faut remarquer qu'à mesure que la Lune S s'élève sur l'horizon, son diamètre apparent change. La distance SC (fig. 9) de l'astre S au centre C de la Terre est la même à son lever, pour l'observateur O, que lorsqu'il est au zénith Z, c'est-à-dire que ZC = SC. Or, le triangle SCO ayant le côté OC très petit relativement à SC (le 60ᵉ), SC ne doit guère différer de OS (à peine des 4 cent-millièmes de SC). Quand l'astre S est le Soleil ou une étoile, la distance étant immense, la différence entre ZO et SO n'est pas appréciable. Mais il n'en est pas de même de la Lune, qui est plus rapprochée de nous d'environ un 60ᵉ lorsqu'elle est au zénith Z, et son diamètre apparent y est plus grand qu'à l'horizon dans le même rapport : la Lune H (fig. 10) à son lever, vu de A, est plus grande qu'au méridien d'environ 30".

87. Cependant le spectacle de la Lune semble démentir ce résultat; nos yeux, en contradiction avec les micromètres, nous font juger le Soleil et la Lune plus volumineux à leur lever; c'est une illusion dont on ne peut se défendre. Les constellations, quand elles sont proches de l'horizon, semblent aussi avoir plus d'étendue : expliquons cette singulière erreur de notre sens.

En même temps que le tact instruit l'œil à rapporter au dehors les images des objets, à saisir les formes, il l'exerce sur l'estimation de leurs positions dans l'espace, de leurs grandeurs et de leurs distances; et lorsque ces distances surpassent celles jusqu'où s'étendent les mouvements de la main, nous y suppléons par un autre exercice, qui consiste à nous approcher de l'objet jusqu'au point de le toncher, et à nous en éloigner ensuite; et nons jugeons à peu près de sa distance par l'étendue des mouvements qui nous en ont approchés ou éloignés. Lorsque ensuite la distance surpasse la portée de nos mouvements accoutumés, les rapports que nons sommes exercés à saisir nous servent comme d'échelles, que nous appliquons aux objets éloignés. Mais à mesure que l'éloignement augmente, les circonstances deviennent moins favorables, et au-delà d'un certain terme, les objets se présentent à nous sous des apparences plns ou moins trompeuses, qui nons induisent dans des erreurs d'optiqne. (Haüy, *Physique*, n° 1061.)

Il existe donc entre la distance qui nous sépare d'nn objet, l'angle sous lequel nous le voyons, la dégradation des teintes causée par l'éloignement, sa grandeur réelle, enfin les corps intermédiaires qui nous servent de points de comparaison, des relations que nous sommes exercés à estimer, et qni deviennent trompeuses au-delà des limites de notre expérience. C'est ce qui nous empêche de jnger de la distance d'une montagne, d'un navire, à moins d'avoir souvent apprécié de semblables intervalles. Le defaut d'intermédiaires nous prive des moyens de comparaison, et notre estime tend toujours à diminuer l'éloignement. Mais, observe M. Biot, si plusienrs navires paraissent à la fois sur la mer, et passent entre nous et celui que nous observons, nous commençons à prendre une idée plus juste de

son éloignement, et plus les objets intermédiaires se multiplient, plus notre jugement se rapproche de la vérité. Nous n'avons pas cette ressource pour redresser les erreurs de nos sens, lorsque nous estimons, d'après eux, la forme de l'atmosphère. Les moyens de comparaison nous manquent dans le sens vertical; c'est ce qui nous la fait juger trop basse. Au contraire, nous en avons, ou nous en supposons trop, dans le sens de l'horizon : leur nombre et leur grandeur nous trompent d'une autre manière, en nous faisant supposer autour de nous une étendue immense; double cause qui produit une double erreur.

Au lever de la Lune, les objets terrestres sont des termes de comparaison qui nous manquent lorsqu'elle est au zénith : le ciel nous semble donc plus éloigné à l'horizon qu'au zénith, et doit nous offrir l'image d'une voûte surbaissée; c'est un effet involontaire de l'habitude; nous ne pouvons y résister, non plus qu'à voir brisé un bâton en partie plongé obliquement dans l'eau. Nous sommes entraînés à ce faux jugement par la puissance invincible qui détermine les impressions de nos sens. Cette cause n'est pas la seule, car l'illusion subsiste en pleine mer. Mais la sensation de l'éloignement de l'astre est fortifiée par la diminution qu'éprouve l'éclat de la Lune à l'horizon; ses rayons, traversant une couche immense et brumeuse d'atmosphère, une grande partie est absorbée : l'éclat du Soleil levant ou couchant ne blesse plus nos yeux; et ces astres, près de l'horizon, nous présentent l'apparence d'une lumière qui s'affaiblirait en s'éloignant de nous. Il suit de là que nous les jugeons alors plus éloignés; et comme l'angle optique est à peu près le même qu'au zénith, nous devons en même temps juger l'astre plus grand.

M. Develey remarque que lorsque la Lune se montre derrière les branches d'un arbre, comme cet arbre nous paraît réellement fort petit à cause de sa distance, mais que l'habitude nous porte à l'agrandir dans notre estimation, nous amplifions de même la Lune, qui en fait en quelque sorte partie.

La Lune est réellement un peu plus éloignée à l'horizon (n° 86), et par conséquent son diamètre est plus petit. Si nous éprouvons

une sensation contraire, cette erreur tient à un calcul de nos sens, qu'on rectifie en regardant l'astre avec un tube, ou un verre enfumé, destiné à cacher tous les autres objets.

88. Des diamètres apparents de la Lune, on déduit, comme on l'a fait pour le Soleil, les variations de son rayon vecteur ; on a reconnu que la Lune décrit pareillement autour de la Terre une orbite elliptique, et que son mouvement est de même dirigé d'occident en orient. Mais ici cette translation n'est plus une simple apparence, et voici l'idée qu'on doit se faire de ces divers mouvements.

Pendant que la Terre décrit en un an l'écliptique (fig. 13) dans le sens P♈T.... autour du Soleil, qui est fixé au foyer S, la Lune L tourne elle-même dans une ellipse beaucoup moins étendue LO′, dont le centre T de la Terre occupe le foyer. Cette ellipse est mobile, et la Terre emporte avec elle, dans sa translation annuelle, et la Lune et son orbite, la Lune parcourant à peu près 13 fois et $\frac{1}{3}$ son ellipse, pendant que la Terre n'accomplit qu'une fois la sienne. En mesurant les plus grandes latitudes de la Lune, on a trouvé que l'orbite de cet astre est incliné de 5° 9′ sur l'écliptique.

89. Les apparences sont pour nous les mêmes que si, notre globe étant fixe, la Lune décrivait son orbe autour de nous en $27^j,321582$, pendant que le Soleil parcourait une autre orbite 400 fois plus éloignée, en $365^j,2422181$: la Terre nous semble être fixée au foyer commun de ces deux ellipses inclinées de 5° 9′, et tourner sur son axe en 24^h. Cette rotation diurne nous fait attribuer à tous les astres chaque jour une révolution d'orient en occident. Dans cette durée, la Lune se meut dans son orbe d'occident en orient, décrit un arc de grandeur variable, qui, vu de la Terre et estimé dans le ciel, a une valeur moyenne de 13° 10′ 35″. De son côté, le Soleil jouit d'un mouvement semblable d'environ 1° par jour, ou de la 13ᵉ partie de celui de la Lune. La variation de déclinaison du Soleil et de la Lune explique les changements du lever, du coucher, et de la hauteur

méridienne de ces astres ; le mouvement propre vers l'orient explique le retard de leur passage méridien.

La vitesse de la Lune est de 14 lieues par minute, environ le 29e de celle du centre de la Terre sur l'écliptique ; celle-ci étant de 410 lieues (n° 26). Mais ces vitesses doivent se composer ensemble, puisque la Terre entraîne la Lune avec elle.

60. Les plans des orbes lunaire et terrestre se coupent suivant une droite, sur laquelle sont les deux points qu'on nomme les *Nœuds*, où la Lune traverse le plan de l'écliptique : elle est tantôt d'un côté de ce plan, tantôt de l'autre. Le *Nœud ascendant* ☊ est celui où la Lune passe lorsqu'elle va s'élever dans la région supérieure, ou vers le pôle boréal ; le *Nœud descendant* ☋ a lieu dans l'autre cas. Comme on connaît d'avance (n° 204) la situation de l'écliptique céleste, l'esprit conçoit ce cercle tracé au firmament, ainsi qu'il l'est dans nos planches, et il est aisé de remarquer les passages de la Lune sur ce cercle ; ce sont les nœuds, dont on sait par là trouver la position.

On a observé que ce point où la Lune traverse l'écliptique, varie peu à peu à chaque révolution de cet astre. Sans nous arrêter ici à en démêler la cause (n° 105), prenons ce changement comme un fait d'observation qui est hors de doute. On voit en effet les nœuds s'avancer vers l'occident, et se mouvoir en sens *rétrograde* ou *contre l'ordre des signes* (n° 42); *ils parcourent ainsi l'écliptique céleste en sens contraire du mouvement de la Lune dans son orbite, c'est-à-dire d'orient en occident.* Chaque année ils ont décrit environ 19° $\frac{1}{3}$, ce qui fait 1° tous les 19 jours, ou enfin une révolution entière du ciel tous les 18 ans et demi. Plus exactement, les nœuds rétrogradent de 19°,3286 par an, et parcourent l'écliptique en 6798^j,279 (n° 105). La Lune revient au ☊ après 27,2122222 jours.

On trouve aussi que le *temps de la révolution synodique du nœud* est de 346,619851, c'est-à-dire qu'après cet intervalle le Soleil se retrouve au nœud de la Lune. Comme le Soleil se meut en sens contraire du nœud, ils se rejoignent un peu avant que

cet astre ait accompli le tour entier du ciel ; voilà pourquoi cette durée est moindre que celle de l'année.

Non-seulement la ligne des nœuds tourne autour de nous dans le plan de l'écliptique, mais l'orbe lunaire change un peu d'inclinaison sur ce plan, et se balance légèrement au-dessus et au-dessous d'une position moyenne : dans le plan de cet orbe ainsi mobile, le grand axe de cette ellipse se meut aussi ; le périgée et l'apogée tournent autour de la Terre. Ces inégalités lunaires feront bientôt le sujet de notre examen (n° 104).

61. On attribue à Méthon la remarque qu'après 19 ans, il s'est écoulé 235 lunaisons et que les nouvelles et pleines Lunes reviennent aux mêmes dates. (*V.* l'art. *Calendrier*, 3e partie.) En effet, l'année et la lunaison sont à très peu près entre elles dans le rapport de 235 à 19, ou

$$365^j,2422181 : 29^j,53058857 :: 235 : 19,$$

proportion qu'on vérifie en comparant le produit des extrêmes à celui des moyens. Ainsi, on peut regarder 235 lunaisons comme complétant 19 années tropiques. Les onze jours, ou plutôt 10 jours 21 heures dont l'année solaire dépasse les 12 lunaisons qui forment l'*Année lunaire*, s'accumulant peu à peu, il en résulte 7 lunaisons après 19 ans, outre les 228 provenant des 12 lunaisons annuelles. Sur ces 19 années, sept, qu'on nomme *Embolismiques*, ont donc 13 néoménies, au lieu de 12, et l'un des mois en compte alors deux.

Il suit de là que si l'on avait une série de 19 années d'observations lunaires, les phases reviendraient périodiquement dans le même ordre, et l'on pourrait prédire les dates des retours de ces phases dans chacune des périodes suivantes. Ce *Cycle lunaire*, ou de 19 ans, dont on attribue la découverte à Méthon, fut adopté des Athéniens l'an 433 avant notre ère, pour régler leur calendrier luni-solaire (*v.* l'art. *Calend.*), et ils en avaient fait graver le calcul en lettres d'or sur les murs du temple de Minerve ; c'est de là que vient le nom de *Nombre d'or* qu'on donne au n° qui marque le rang d'une année proposée dans cette période de 19 ans, ramenant les phases aux mêmes

dates (*). On est dans la 1[re] année du cycle, quand la néoménie tombe le 1[er] janvier.

En comparant de même l'année solaire au mois lunaire périodique, on trouve que ces durées sont :: 254 : 19; ainsi tous les 19 ans la Lune est revenue 254 fois à la même longitude; 255 fois à son nœud; 251,8 fois à son apogée; 235 fois en conjonction et en opposition.

Comme ces rapports, substitués aux véritables, ne sont que des approximations, on devra trouver des différences après un grand nombre de reproductions du cycle de 19 ans. (*Voy.* la table X des syzygies, à la fin du volume.)

62. En observant les taches très remarquables du disque de la Lune, on reconnaît que l'hémisphère qui nous regarde est toujours le même. (*Voy.* n° **97**.) Si l'on se transporte par la pensée dans le Soleil S (fig. 13), on verra la Terre T, autour de laquelle tourne la Lune L : lorsque celle-ci est en O, au-delà de notre globe, le Soleil a l'aspect de la même face que nous voyons; et quand elle est en-deçà en O′, entre le Soleil et nous, il voit l'autre hémisphère, puisque la face vue de la Terre est demeurée la même. Ainsi, du Soleil S, on voit tour à tour les divers points de la surface lunaire. *En accomplissant la révolution entière de son orbite, la Lune a en même temps exécuté précisement un tour entier sur son axe*, puisqu'elle a présenté au spectateur en S, tous les points de sa surface. C'est ainsi qu'un homme qui, le visage constamment dirigé vers un arbre, en ferait le tour entier, aurait aussi fait un tour sur lui-même, puisqu'il aurait vu toute la campagne qui l'environne. La Terre tourne sur son axe, tandis qu'elle est emportée autour du Soleil : seulement elle tourne 365 fois et $\frac{1}{4}$, contre une révolution dans son ellipse, tandis que la Lune ne fait qu'un seul tour en $27^j 8^h$ qu'elle emploie à parcourir son orbite.

63. Qu'on se place dans la Lune, on aura donc une nuit et un

(*) Calippe rendit ce cycle plus exact, en le quadruplant et ôtant 1 jour; ainsi il le fit de 27759 jours, ou 76 années juliennes, durant lesquelles on a 940 lunaisons.

jour pour chaque révolution synodique, c'est-à-dire une nuit et un jour, chacun de la longueur de 15 fois 24 de nos heures.

Une aussi longue absence du Soleil, autant que le défaut d'atmosphère (n° 126), doit y causer un refroidissement considérable. Dans un jour aussi étendu, l'accumulation de la chaleur doit la rendre excessive. Chaque nuit est un hiver rigoureux, chaque jour un été fatigant. En 19 de nos années, on n'a que 235 jours; le Soleil ne se lève et ne se couche que 235 fois.

Notre habitant de la Lune n'aura jamais le spectacle de la Terre, s'il se trouve sur l'hémisphère qui nous est inconnu; mais à la face opposée, les phases terrestres changeront graduellement et à vue dans une seule nuit de près de 15 fois 24^h. La clarté solaire disparaissant, sera sur-le-champ remplacée par celle que réfléchira la Terre, d'abord sous la forme d'un croissant; mais, à mesure que la Terre approchera de l'opposition, la phase terrestre prendra plus d'étendue, et bientôt la Terre sera vue pleine sous un angle d'environ 2° (n° 88), c'est-à-dire avec une surface 13 fois plus grande que la Lune, et envoyant 13 fois plus de lumière. Nos mers, nos plaines, nos montagnes, nos volcans et nos neiges, par le contraste de leurs reflets, produiront des teintes variées et des taches que notre rotation fera voir sous des aspects sans cesse différents.

La Terre, vue de la Lune, est pleine dans la néoménie, obscure dans la pleine Lune; ces deux corps sont ensemble *dichotomes*. Les phases de la Lune et celles de la Terre sont exactement complémentaires l'une de l'autre. Si notre spectateur habite le cercle qui, dans la dichotomie lunaire, sépare l'ombre de la lumière, par l'effet combiné des deux rotations de son globe, la Terre ne cessera jamais de se trouver à son méridien; il verra, au coucher et au lever du Soleil, notre globe sous la figure d'un quartier. A minuit, la Terre sera pleine, c'est-à-dire après une nuit de 7 fois et demie 24 heures : 15^h après il aura midi et *nouvelle Terre*.

Nous distinguons assez bien la partie obscure du disque lunaire, quoique dans les croissants, elle ne reçoive pas la lumière directe du Soleil : cette faible clarté, qu'on nomme *lumière cen-*

drée, est renvoyée par la Terre. L'effet est plus sensible près de la néoménie, et surtout le 3e jour, parce que la Terre est vue pleine par l'observateur lunaire qui est dans la partie ombrée, et que la clarté réfléchie par notre globe est 13 fois celle de la Lune. Quelques personnes attribuent la lumière cendrée à une qualité phosphorescente du globe lunaire; elles se fondent sur ce que l'éclat de la Lune leur paraît plus intense que ne le comportent les lois de la lumière réfléchie. Du reste, la lumière de la Lune, réunie au foyer d'une immense lentille, a été impuissante, soit pour faire monter le thermomètre, soit pour altérer les couleurs les plus tendres.

64. On aperçoit sur le disque de la Lune des points vivement éclairés, accompagnés d'une partie latérale obscure, dont la position et l'étendue varient avec le progrès des phases. Ces apparences suivent les lois des ombres que projettent les corps opaques d'après la position de la lumière. On est donc certain que la Lune est couverte de montagnes, de plaines et de cavités profondes. L'existence des montagnes lunaires est confirmée par l'apparence de points ou petites îles lumineuses, placées en dehors du bord éclairé, et qui sont les sommités éclairées par le Soleil avant les plaines intermédiaires. A mesure que la lumière avance, on voit peu à peu ces points lumineux se rattacher au bord et y former des dentelures. Ces dentelures qui bordent le disque ont été mesurées, et Schroëter a trouvé que plusieurs de ces hauteurs surpassent 3000 toises; M. Herschel ne leur accorde que 2800 mètres. Leur nombre est considérable; elles occupent la majeure partie de la surface. On y remarque aussi de vastes régions parfaitement de niveau, et qui présentent tous les caractères de terrains d'alluvion. On peut encore mesurer la distance de *l'arc d'illumination* au sommet d'une montagne qui commence à être éclairée comme un point brillant sur la région obscure. Les abîmes sont, au contraire, dans l'obscurité; il y en a de 3000 toises de profondeur et de six lieues de largeur, environnés de montagnes d'un volume égal à ce vide, et qui semblent avoir été arrachées

du sol par quelque éruption volcanique. La teinte foncée des taches lunaires ne provient que de la nature même du sol, puisque subsistant encore dans la pleine Lune, on ne peut les regarder comme des ombres, qui devraient disparaître lorsqu'elles ont leur projection verticale. On avait autrefois pris ces taches pour des mers ; mais comme la Lune n'a point d'atmosphère sensible (n° 126), il ne peut non plus y avoir de liquides ; car ces substances n'étant pas comprimées à la surface, seraient bientôt résolues en vapeurs, qui formeraient une nouvelle atmosphère. Les astronomes ont donné à ces tache les noms suivants : 1 *Aristarque*, 2 *Tycho*, 3 *Copernic*, 4 *Képler*, 5 *Manilius*, 6 *Eudoxe*, 7 *Snellius*, 8 *Proclus*, etc. (*Voy.* la fig. 18.)

Concluons de là que tout est solide à la surface de la Lune; ce fait paraît confirmé par les observations faites avec de forts télescopes, qui nous la montrent comme une masse aride. Si elle est habitée, ce ne peut être que par des animaux capables de vivre sans air, ni fluides, et par conséquent d'une autre nature que les êtres que nous connaissons.

Selon M. Herschel, un climat très extraordinaire doit régner sur la Lune et l'on y doit passer brusquement d'une chaleur plus brûlante que celle du midi de nos régions équatoriales, et soutenue pendant 15 de nos jours, à un froid de même durée plus excessif que celui de l'hiver de nos régions polaires. M. Cournot ne partage pas cette opinion, et fait même à ce sujet une observation à noter ici. « On sait, dit-il, que l'atmosphère agit sur la température de la surface terrestre, comme ferait une cage de verre, en laissant pénétrer facilement les rayons solaires, et en s'opposant ensuite au libre rayonnement de la surface, échauffée par l'influence de ces rayons. Dans l'état de nos connaissances sur les lois de la chaleur rayonnante, on a lieu de croire que l'absence d'une atmosphère empêche que la chaleur solaire ne puisse s'accumuler à la surface de la Lune : de sorte qu'un thermomètre placé en un point quelconque de cette surface, devrait marquer la même température que s'il était isolé dans les espaces planétaires : du moins en admettant que la surface

de la Lune ait entièrement perdu sa chaleur d'origine. Cette température de l'espace est évaluée par plusieurs physiciens à environ 60 degrés centigrades au-dessous de la glace fondante. » (Traduct. du *Traité d'Astron.* de M. Herschel, p. 270.)

On a cru remarquer dans la Lune les effets et même les éruptions des volcans. Ces explosions ont été manifestées par de nouvelles taches et des étincelles vues dans la phase obscure. Il faudrait donc admettre, si ce ne sont pas des illusions d'optique, qu'il y a des feux volcaniques sans atmosphère. On sait en effet que des corps peuvent dans leur ignition, développer assez de gaz oxigène pour suffire à leur combustion. Il est plus probable que la surface lunaire, long-temps éclairée par le Soleil, en reçoit des qualités phosphorescentes, qui produisent d'apparentes fulgurations sur le fond obscur de la Lune, ou que ce sont des reflets de la lumière renvoyée par la Terre. Herschel a vu, dans une néoménie, trois points lumineux, dont l'un avait une lieue de diamètre, et qui ressemblait à des charbons ardents recouverts d'un peu de cendre; leur éclat varia en quelques jours, et cessa tout-à-fait. La tache *Aristarque*, dont l'étendue égale celle de la ville de Paris, a offert à Cassini, Herschel, Kater.... des étincelles sur le fond obscur du premier croissant. D'autres taches ont présenté des apparences analogues ou des nuages passagers.

M. Laplace a même attribué aux volcans lunaires ces pierres qui tombent du ciel, et qu'on nomme des *Aérolithes*. Le calcul montre en effet qu'aucune résistance atmosphérique ne diminuant la vitesse d'un tel projectile, il suffirait d'une force quadruple de celle de la poudre à canon pour détruire la pesanteur qui tend à le ramener au sol lunaire, et pour l'élever à la hauteur à laquelle la gravité terrestre s'en emparerait.

68. Quoique la Lune nous présente sans cesse le même hémisphère, cependant l'observation attentive de ses taches a prouvé que celles qui sont vers les bords ont un léger mouvement d'oscillation qui les montre et les cache successivement. Cette espèce de balancement constitue la *Libration*, qui n'est purement qu'une illusion d'optique dont on rend bien raison.

1°. Concevons le rayon vecteur qui, du centre de la Terre, va à celui de la Lune, et coupe la surface de cet astre en un point; ce point ne changerait pas si la Lune décrivait, d'un mouvement uniforme, un cercle autour de nous, juste dans le même temps qu'elle fait un tour entier sur son axe. Or cette rotation est uniforme, tandis que la révolution de la Lune dans son orbite ne l'est pas, et l'orbite n'est même pas circulaire. Notre rayon vecteur doit donc rencontrer la surface du globe lunaire en divers points dépendants des inégalités de la révolution périodique, et le lieu où il perçait d'abord cette surface passera un peu à l'orient, puis reviendra à l'occident. Une tache centrale ne peut être déplacée sans que les autres le soient aussi; de là une oscillation apparente des bords latéraux : c'est ce qui constitue la *Libration en longitude*.

2°. L'axe de rotation de la Lune n'est pas tout-à-fait perpendiculaire à son orbite, et se conserve parallèle dans toutes ses positions : il arrive donc la même chose que pour la Terre à l'égard du Soleil. De même que par l'obliquité de l'écliptique (fig. 14), le Soleil voit tour à tour nos deux pôles dans le cours d'un an; de même chaque pôle du globe lunaire doit se cacher et se montrer à nous dans la révolution entière. Ainsi, la tache qui nous a paru au centre de l'astre quand il était à son nœud, devra nous sembler s'élever ou s'abaisser, selon que la Lune passera dans la région boréale ou australe. Voilà donc une oscillation perpendiculaire à la première; qui nous laisse voir le pôle boréal de rotation de la Lune pendant qu'elle décrit une moitié de son orbite, et le pôle austral le reste du temps. C'est la *Libration en latitude*.

3°. La parallaxe y ajoute encore, puisque nous ne sommes pas placés au centre de la Terre, foyer vers lequel la Lune dirige sans cesse le même hémisphère. En effet, il est évident que les aspects devant dépendre de la situation du spectateur, à mesure que la Lune s'élève sur l'horizon, divers points de son contour doivent être aperçus, qui ne le seraient pas du centre même de notre globe. Cet effet constitue la *Libration diurne*.

On voit donc que la libration n'est qu'une apparence causée

par la manière dont nous voyons la Lune, et non pas une véritable oscillation. En soumettant ces trois mouvements apparents au calcul, on a trouvé que la rotation de la Lune est uniforme comme celle de tous les corps célestes ; que son axe est presque perpendiculaire à l'écliptique, et que l'équateur lunaire coupe l'orbite suivant une parallèle à la ligne des nœuds et rétrograde avec elle. Le cercle de la fig. 6 représente la Lune, AB son axe de rotation, $d'd$ son orbite ; par le centre C menez un plan D'D parallèle à l'écliptique, ce plan sera dans l'angle dièdre dCF, formé par l'équateur lunaire KK' et par l'orbite $d'd$, et ces trois plans passeront par une même droite en C. L'angle DCF de cet équateur avec l'écliptique est de $1°30'10'',8$, l'angle DCd de ce dernier plan avec l'orbite est de $5°9'$; enfin, l'inclinaison de l'axe PC sur l'écliptique CD a près de $88°\frac{1}{2}$.

Des Éclipses.

66. Puisque la Terre et la Lune sont des corps opaques derrière lesquels la lumière ne peut pénétrer, qu'en outre leurs volumes sont bien moindres que celui du Soleil, il est visible qu'ils doivent porter une ombre conique ACB (fig. 19). Quand la Terre T est directement entre le Soleil S et la Lune l, celle-ci, en traversant l'ombre de la Terre, cesse de recevoir la lumière. A mesure qu'elle entre dans le cône d'ombre, les parties de sa surface s'obscurcissent par degré : il y a *éclipse de Lune*. Ce phénomène ne peut donc arriver que lorsque la Lune est vers l'opposition, ou à l'époque de la pleine Lune.

De même, si la Lune L' se place directement entre nous et le Soleil S, nous cesserons de le voir en entier, et il sera éclipsé. Ainsi, l'*éclipse de Soleil* n'a lieu que vers l'époque de la néoménie.

Les éclipses ne peuvent donc arriver qu'aux syzygies. Comme l'orbe lunaire est incliné de 5° sur l'écliptique, la Lune est souvent au-dessus ou au-dessous de ce dernier plan. Dans la plupart des syzygies, elle est donc hors de l'ombre de la Terre, ou hors du cône DACBK, qui touche le Soleil et la Terre; c'est ce qui fait qu'il n'y a pas éclipse de Lune à chaque pleine Lune, ou de Soleil à chaque néo-

ménie. Le Soleil, la Terre et la Lune doivent être à peu près en ligne droite pour que le phénomène ait lieu. *L'éclipse est totale* ou *partielle* (*), selon que l'astre disparaît totalement ou en partie. Si le diamètre apparent de la Lune est moindre que celui du Soleil, l'interposition de la Lune la projettera sur le Soleil, dont le disque débordera tout autour sous la forme d'un anneau lumineux, et l'éclipse sera *annulaire* : c'est ce qu'on a vu en 1820, dans plusieurs contrées de l'Europe, et ce qu'on verra à Paris le 9 octobre 1847. La parallaxe modifie les apparences des éclipses de Soleil, sans agir sur celles de Lune. En effet, selon la place que le spectateur occupe sur la Terre, le rayon visuel dirigé vers la Lune se projette en divers points du disque, ou même se porte au dehors : l'éclipse de Soleil a donc pour lui plus ou moins de durée et d'étendue, et peut même ne pas avoir lieu. Mais dès qu'une partie de la Lune est entrée dans le cône d'ombre de la Terre, elle est privée de lumière, et vue sous le même aspect par tous les spectateurs qui l'ont au-dessus de leur horizon.

Le cône d'ombre de la Lune est assez court, parce qu'elle est très petite; d'ailleurs, lorsqu'elle éclipse le Soleil, elle en est plus rapprochée, ce qui diminue l'étendue de ce cône. On conçoit aisément qu'une éclipse de Soleil n'est visible que pour de certaines contrées, que ses aspects en sont différents au même moment, et que pour de certains lieux elle peut être totale ou seulement partielle; car la pointe du cône d'ombre atteint successivement

---

(*) Voici les dates des éclipses totales de Soleil en Europe, depuis le commencement de notre ère.

Ans 14, 59, 98, 100, 113, 192, 237, 334, 360, 655, 757, 787, 840, 878, 957, 1133, 1187, 1191, 1197, 1239, 1241, 1307, 1333, 1386, 1415, 1485, 1506, 1530, 1544, 1560, 24 décemb. 1601, 23 sept. 1699, 12 mai 1706, 3 mai 1715, 22 mai 1724, 24 juin 1778.

Tycho-Brahé ne croyait pas qu'une éclipse de Soleil pût être totale; s'il eût vécu quelques mois de plus, il aurait pu voir celle de 1601.

Les éclipses du 25 juillet 1748, du 1er avril 1764, du 7 sept. 1820, etc., furent annulaires pour plusieurs villes d'Europe.

les régions terrestres, selon les positions relatives des deux astres, offrant ainsi l'image, sur notre globe, d'une tache qui parcourt de proche en proche les parties éclairées de l'hémisphère terrestre, à commencer par l'occident. Les peuples orientaux voient l'éclipse du Soleil les derniers, et les parties occidentales du Soleil sont les premières cachées. Telle on voit l'ombre d'un nuage emporté par le vent d'ouest, couvrir les plaines et dérober momentanément l'image du Soleil, tandis qu'au-delà des limites, l'astre brille de tout son éclat. Un spectateur placé dans la Lune verrait en même temps une éclipse de Terre.

Dans l'éclipse de Soleil, la lumière cendrée (n° 63) est surtout sensible, et l'on aperçoit faiblement le disque lunaire. Ulloa observant l'éclipse totale de Soleil du 24 juin 1778, prétend avoir vu, pendant 1′, dans la Lune interposée, un point assez vivement éclairé pour lui donner l'apparence d'un trou, qui permettrait à la lumière du Soleil de percer de part en part. Personne ne croit à l'existence d'un canal rectiligne de 5 à 600 lieues, qui percerait ainsi la Lune, et l'on pense que l'observateur a été le jouet d'une illusion d'optique. Dans l'éclipse totale de 1715, on a vu à Londres des fulgurations sur la partie obscure du disque de la Lune, qui donnaient l'idée de volcans en activité. Au reste, on doit ajouter que, depuis que les lunettes sont perfectionnées, on ne voit plus de ces prodiges.

C'est un spectacle imposant que celui d'une éclipse totale du Soleil. Cet astre disparaissant, la clarté est entièrement détruite, et d'épaisses ténèbres succèdent pendant quelques minutes à l'éclat du jour; les étoiles brillent au firmament, et l'on n'aperçoit autour du disque invisible de la Lune qu'une couronne de lumière pâle et argentée, que les uns ont attribuée à la lumière zodiacale, et les autres à l'atmosphère du Soleil. Les animaux, saisis d'effroi, sont plongés dans la consternation; les oiseaux cessent leurs chants et cherchent des retraites; les hommes même sont frappés de terreur; enfin, après une nuit qui n'excède pas 5′, l'astre reparaît éclatant de lumière et avec une majesté dont son lever n'est qu'une image imparfaite. Il peut même arriver que la Lune éclipse à la fois le Soleil

et une étoile. C'est ainsi qu'en 755, pendant une éclipse de Lune, la belle planète de Jupiter a été occultée.

L'histoire est pleine des exemples de l'effroi causé par les éclipses, et des dangers que produisent l'ignorance et la superstition. Nicias avait résolu de quitter la Sicile avec son armée; effrayé par une éclipse de Lune et voulant temporiser plusieurs jours, pour s'assurer si l'astre n'avait rien perdu après cet événement, il manqua ainsi l'occasion de la retraite; son armée fut détruite, Nicias périt, et ce malheur commença la ruine d'Athènes.

Souvent on a vu des hommes adroits tirer parti de la frayeur du peuple pour l'amener à remplir leurs dessins. Christophe Colomb, réduit à faire subsister ses soldats des dons volontaires d'une nation sauvage et indigente, était prêt à voir manquer cette ressource et à périr de faim; il annonce qu'il va priver le monde de la lumière de la Lune. L'éclipse commence, et la terreur s'empare des Indiens, qui reviennent apporter aux pieds de Colomb les tributs accoutumés.

Drusus (*Ann. Tacite*, I, 28) apaisa une sédition dans son armée en prédisant une éclipse de Lune; et, selon Tite-Live, Sulpicius-Fallus, dans la guerre de Paul-Emile contre Persée, usa du même stratagème. Périclès, Agatocle, roi de Syracuse, Dion, roi de Sicile, ont failli être victimes de l'ignorance de leurs soldats. Alexandre près d'Arbelles, est réduit à user de toute son adresse pour calmer la terreur qu'une éclipse avait jetée parmi ses troupes. C'est ainsi que les hommes supérieurs, plutôt que de plier sous les circonstances qui les maîtrisent, mettent leur art à les tourner à leur profit.

Combien de fables établies d'après l'opinion que les éclipses sont l'effet du courroux céleste, qui se venge des iniquités de l'homme, en le privant de la lumière! Tantôt Diane va trouver Endymion dans les montagnes de Carie; tantôt les magiciennes de Thessalie font descendre la Lune sur les herbes qu'elles destinent aux enchantements:

Carmina vel cælo possunt educere lunam, Virg. Églogue VIII.

Ici c'est un dragon qui dévore l'astre et qu'on cherche à épouvanter par des cris; là Dieu tient le Soleil enfermé dans un tuyau, et nous ôte ou nous rend la vue de cet astre à l'aide d'un volet, etc. Le progrès des sciences a fait reconnaître le ridicule de ces opinions et de ces craintes, depuis qu'on a vu qu'il était possible de calculer par les Tables astronomiques, et de prévoir long-temps d'avance, l'instant où la colère du ciel devait éclater. Cependant naguère encore, l'épouvante a causé le revers des armées de Louis XIV près de Barcelone, lors de l'éclipse totale de 1706; et la devise de ce monarque, *nec pluribus impar*, a prêté aux allusions injurieuses!

En considérant que les ténèbres de la nuit ne sont pas toujours dissipées par la présence de la Lune, qui n'éclaire environ que le quart du temps où le Soleil est absent, on voit combien est dénuée de fondement l'opinion qui suppose que ce *Satellite* a été donné à la Terre pour éclairer nos nuits. Si sa destination eût été conforme à cette hypothèse, la Lune aurait dû se trouver sans cesse opposée au Soleil et jamais éclipsée. Originairement assez éloignée de notre globe pour ne pas entrer dans le cône d'ombre qu'il porte (placée quatre fois plus loin de nous), la Lune aurait dû se mouvoir dans l'écliptique même avec une vitesse parallèle à celle de la Terre et proportionnelle aux distances solaires. Si, au contraire, la Lune eût été placée en conjonction avec le Soleil; sous les mêmes conditions de vitesse, mais assez rapprochée de nous pour nous cacher cet astre, nous eussions demeuré dans une nuit éternelle, et nous n'aurions aucune idée de l'existence de ces deux corps célestes.

67. La précision avec laquelle on est parvenu à calculer et prédire la durée, l'étendue, l'instant des éclipses, doit convaincre de toute l'exactitude des Tables astronomiques; car ces circonstances dépendent de la situation relative du Soleil, de la Lune et de la Terre, de leurs volumes, leurs vitesses et leurs parallaxes. Ceux qui s'étonnent qu'on puisse mesurer ces éléments, restent convaincus des assertions des astronomes, lorsqu'ils voient le parfait accord des prédictions et des résultats.

Nous avons vu (p. 89) que le temps de la révolution synodique des nœuds est de $346^j,619851$. En comparant à $29^j,53068857$, qui est le temps de la lunaison, on voit que ces nombres sont à très peu près dans le rapport de 223 à 19, ce dont on s'assure comme au n° 61. Et en effet, 223 lunaisons moyennes font $6585^j,32$; et 19 révolutions synodiques du ☊ font 9555,78 ; en sorte que la différence entre les positions moyennes du nœud au commencement et à la fin de chaque période de 223 lunaisons est presque insensible. Ainsi, toutes les 223 lunaisons (tous les 18 ans et 10 à 11 jours), le Soleil et la Lune se retrouvent à la même position par rapport au nœud lunaire. Les éclipses doivent donc revenir dans le même ordre, ce qui donne un moyen simple de les prédire ; puisqu'elles n'exigent qu'environ 18 ans d'observations et le soin d'écrire les résultats avec ordre. C'est cette période dont les Chaldéens se servaient pour prédire les éclipses et qu'ils nommèrent *Saros* (*).

Mais le rapport de 223 à 19 n'est qu'approché, et est en outre altéré par les inégalités des mouvements du Soleil et de la Lune, qui changent sensiblement les mouvements moyens dont nos nombres expriment l'étendue. Il doit arriver des écarts, et, par la suite des temps, l'ordre des éclipses observées dans une de nos périodes doit exiger des corrections. On ne peut donc regarder ces moyens de former des Tables d'éclipses que comme une approximation.

68. Avant de se livrer au calcul de prédiction des éclipses, il convient de prévoir si elles sont possibles; Il faut pour cela deux conditions : la Lune en conjonction ou en opposition, et en outre proche du nœud. Le Soleil ne se trouve placé relativement à la Lune, de manière qu'il y ait éclipse, que quand il est

---

(*) La période chaldaïque est de $6585^j,321163\,91$ (18 années de 365^j, plus $15^j\,7^h\,42'\,28''\,56$). Hipparque y substitua la période plus exacte de 161178 jours (ou 441 ans et 106 j.) qui accomplissent juste 5458 mois synodiques et 5923 retours au nœud; en sorte que les éclipses reviennent semblables en grandeur et en durée.

près des nœuds, points diamètralement opposés, où l'*astre arrive à 6 mois d'intervalle*. Les éclipses ne peuvent avoir lieu que vers ces deux époques, puisqu'il faut que la Lune soit voisine de l'écliptique et ait même longitude que le ☉, ou 180° de moins. En 1822 le ☊ est à 10ˢ26°, dans la constellation du Verseau, où le ☉ arrive aussi en février : il a donc pu alors y avoir éclipse. Il en est de même du mois d'août vers le ☊, dans le Lion (*voy.* nos planisphères). A toute autre époque de cette année, lors des syzygies, la Lune sera trop écartée de l'écliptique pour qu'il y ait éclipse. Ces nœuds changent de place et procèdent selon les signes, de 1° en 19 jours, ce qui tend à rapprocher du 1ᵉʳ janvier, dans les années suivantes, les deux époques dont nous venons de parler.

La Lune met $27^j \frac{1}{3}$ à parcourir son orbite, et le ☉ décrit dans cette durée 27° de l'écliptique; ces deux plans étant inclinés seulement de 5°9′, les courbes, proche des nœuds, sont très voisines, et il y a, des deux côtés de chaque nœud, un espace qui permet l'éclipse, puisque les deux demi-diamètres réunis font plus de 30′. Aussi vers chaque nœud, il peut quelquefois y avoir deux éclipses de Lune séparées par une de Soleil, où réciproquement ; il est des années où il n'y a aucune éclipse ; d'autres peuvent en avoir jusqu'à six. Le calcul de l'étendue du cône d'ombre, comparée à la position de la Lune, détermine le phénomène.

69. La prédiction de l'heure, la durée, les phases et la quantité d'une éclipse de Lune, peut se faire par la construction suivante. Soit NG (*fig.* 20), l'écliptique, le Soleil en A, lorsque la Lune est à l'opposition en *a*, sur son orbite N*g*, N le nœud ascendant, A*a* la latitude lunaire à cet instant : une heure après, le Soleil sera passé en A′, la Lune en *g*; la distance des deux astres est *g*A′; *gh* est le mouvement horaire de la Lune en latitude. Comme la phase qui répond à ces positions dépend uniquement de la rotation entre les points *g* et A′, il est clair qu'elle serait précisément la même si le Soleil fût demeuré fixe en A, et que la Lune fût arrivée en *d*, *gd* étant égal et parallèle à AA′. Il est

donc permis de substituer à l'orbite vraie ag, la ligne ad, qu'on nomme *orbite relative*, dont tous les points satisfont à la même condition que nous venons de reconnaître à d, substitué à g. Cette ligne ad est déterminée par les conditions de passer par le point a, lieu vrai de la Lune en opposition, d'avoir pour mouv. horaire de la Lune en longitude, $ai = ah - hi =$ la différence des mouv. horaires des deux astres, ou leur *mouvement relatif*; enfin d'avoir $di = gh =$ mouv. hor. de la Lune en latitude.

D'après cela, traçons (*fig.* 21) une droite indéfinie CD pour représenter l'écliptique où le Soleil est fixe en A, son lieu vrai à l'instant de l'opposition. On tire des Tables la latitude lunaire à ce moment, et 1 heure après, ainsi que les mouvements horaires : à l'aide d'une échelle dont les parties égales représentent des minutes ou des secondes, selon l'étendue de la fig., on portera des longueurs égales à ces arcs, savoir : AD = diff. des mouvements horaires en longitude ; les perpendiculaires $Aa =$ latitude à l'opposition, $Dd =$ latitude 1 heure après ; enfin la droite cad sera l'orbite relative de la Lune. Si les latitudes sont australes, Aa, Dd seront portées en-dessous de CD ; on inclinera cd vers la droite ou vers la gauche, selon que la latitude croît ou diminue.

On démontre aisément (*) que le rayon du disque d'ombre que la Lune traverse est sensiblement égal à la *parallaxe hori-*

(*) S étant le Soleil (fig. 19), T la Terre, L'Ll l'orbite lunaire, l'angle LTI est celui sous lequel nous voyons le rayon du disque d'ombre que la Lune doit traverser. Or l'angle TLA, extérieur au triangle TLC, = T + C; d'où LTI = TLA — TCL; mais TLA est l'angle sous lequel, de la Lune, on voit le rayon terrestre; c'est la parallaxe lunaire. Quant à TCL, comme ST est d'environ 24000 rayons terrestres, et que SD est 112 fois TA (n° 21), il s'ensuit que TC est à peine 220 fois TA, ou double de SD. Une aussi petite quantité, comparativement à ST, prouve que l'angle SCD, sous lequel, du sommet C, on verrait SD, diffère très peu de l'angle sous lequel nous voyons, de T, le rayon solaire SD. Ainsi LTI, ou le rayon du disque d'ombre vu de la Terre, est égal à la parallaxe de la Lune, moins le rayon solaire. Le même raisonnement prouve qu'il faut prendre la somme de ces quantités quand le disque est entre le Soleil et la Terre.

zontale de la Lune, moins le rayon solaire, quantités variables que les Tables font connaître pour chaque instant. On peut, dans notre construction, se contenter de termes moyens, incliner *cd* sur CD de 5° 9′, et prendre la parallaxe de 58′ (elle varie de 54′ à 61′), et le rayon ☉ de 16′ (il change de 15′,5 à 16′,3) ; ainsi, le rayon du disque d'ombre sera de 42′.

On évalue ce rayon à l'échelle de la figure, puis du centre A on décrit le cercle OLD, qui est le disque d'ombre que la Lune doit traverser en passant de *c* en *d*. Il est clair que A*m* perpendiculaire sur *cd* donne le lieu du centre de la Lune au milieu de l'éclipse : M*m* perpendiculaire sur CD donne AM pour le *temps du milieu de l'éclipse*, c'est-à-dire que le rapport de AM à AB qui représente 1^h, donnera la quantité de minutes qui s'écoulent avant l'opposition (après si M est à la gauche de A).

Le rayon lunaire est de 16′ (il varie de 15′,5 à 16′,5); exprimez-le en parties de l'échelle et ajoutez à AO; du centre A, avec ce rayon, marquez sur l'orbite relative les deux points *f* et *c* : ce seront les lieux du centre de la Lune lorsqu'elle arrive au contact du cône d'ombre et lorsqu'elle en sort. Les perpendiculaires *f*F, *c*C donnent les temps AF, AC *du commencement et de la fin de l'éclipse ;* CM ou MF est *la demi-durée*. Il est visible que les cercles décrits de *c* et de *f* avec le rayon lunaire réduit, doivent raser l'ombre OL. Si le même cercle *al* décrit du centre *m*, est compris dans le disque d'ombre AOL, *l'éclipse est totale*. Marquez du centre A, avec OA — le rayon de la Lune réduit, deux points *f*′ et *c*′, et vous aurez les points où l'astre, entièrement plongé dans le cône d'ombre, le rase en dedans. C'est le commencement et la fin de l'occultation totale, dont MF′ et MC sont la demi-durée.

Mais si le cercle AOL est tel que A*ol*, et ne contient pas en totalité le cercle *mol* qui représente la Lune, l'éclipse est *partielle,* et la figure désigne la quantité de l'éclipse. On partage le disque lunaire en 12 parties ou *Doigts*, et chacune en 60 minutes : il est donc bien facile de donner la *Phase écliptique*.

Si le cercle OA laisse entièrement en dehors le disque *mol*, il n'y a pas d'éclipse.

70. La construction est la même pour les *Éclipses de Soleil ;* seulement elles ont lieu à la néoménie (la conjonction), et le disque d'ombre a pour rayon *la parallaxe de la Lune, plus le rayon solaire,* environ 75′ (*voy.* la note précédente). On trouve donc à quel moment la Lune commence à cacher le Soleil pour quelque point de la Terre où l'ombre va se projeter, et l'on peut prédire l'éclipse de Terre que verrait un spectateur dans la Lune. Mais la parallaxe joue, à notre égard, un rôle important. Il suffit que la Lune soit dans le cône d'ombre pour que, privée de lumière, nous ayons l'aspect de cette éclipse, d'après la seule position de ces deux astres, et nullement d'après les points du firmament où nous les rapportons. Mais dans les éclipses de Soleil, il n'en est pas de même, et l'astre peut être caché pour de certains pays sans l'être pour d'autres, ce qui dépend de la parallaxe (p. 122).

On a bien une construction propre à donner les phases d'une éclipse de Soleil pour un pays désigné; mais la complication en rend le tracé plus curieux qu'utile (voy. *Encyclop.*, mot *Éclipse*), comme le remarque Delambre. Cette méthode a perdu le mérite qu'elle a d'être approximative, lorsqu'en la corrigeant, pour en diminuer les erreurs, elle est devenue plus composée que les calculs rigoureux qu'on voulait éviter.

Il est inutile d'ajouter que ce qui vient d'être dit des éclipses de Soleil, sert à prédire les occultations d'étoiles par la Lune : seulement comme le Soleil n'a pas de latitude et que les étoiles en ont, au lieu de prendre A*a*, C*c*, D*d* égaux aux latitudes lunaires, il faut prendre ces lignes égales aux différences entre les latitudes de la Lune et celles de l'étoile dont il s'agit. Le mouvement en longitude pour celles-ci est nul aussi bien que leur rayon ; ces modifications sont sans difficulté.

Les astronomes n'ont pas recours à ces constructions pour prédire les éclipses; les résultats n'auraient pas assez de précision. Les calculs dont ils font usage ne peuvent trouver place ici : on les trouvera exposés dans mon *Astronomie pratique.*

Du Calendrier.

71. Comme l'année tropique n'est pas composée d'un nombre exact de jours, les peuples de l'antiquité, et particulièrement les Égyptiens, qui faisaient leur année civile de 365 jours, négligeaient à peu près 6 heures : il en résultait qu'au bout de quatre ans, cette dernière année recommençait un jour plus tôt que la solaire ; c'est-à-dire que la date d'un solstice ou d'un équinoxe tombait un jour plus loin. Par l'accumulation de ces petites différences, l'effet devenait sensible dans la durée même de la vie d'un homme, puisque au bout d'un siècle, l'année civile recommençait 24 jours avant l'année tropique. Le premier jour de celle-ci se trouvait ainsi parcourir toutes les dates de celle-là, et au bout de 1460 années solaires, on avait compté 1461 années civiles, et le jour initial des deux années se retrouvait en coïncidence comme dans l'origine. C'est qui a fait donner le nom d'*année vague* à cette espèce de division de la durée.

Mais les travaux de l'agriculture et les fêtes instituées pour pour les honorer, se règlent sur le Soleil. Pour attacher ces époques à des dates fixes, il fallait adopter le système des *intercalations*, c'est-à-dire ajouter de temps à autre à l'année de 365 jours, un ou plusieurs jours, pour ramener en coïncidence les deux années civile et tropique. Les Romains, qui avaient voulu suivre cette méthode, n'ayant pas choisi un mode régulier et fixe pour faire ces intercalations, et en outre ayant négligé de les pratiquer pendant long-temps, leur calendrier était dans un grand désordre, lorsque Jules-César entreprit de le réformer. D'après les avis de Sosigènes, astronome égyptien, cet empereur rétablit l'accord entre les années solaire et civile, l'an 45 avant notre ère, en ajoutant un nombre convenable de jours à l'année précédente, qu'on appela *année de confusion*. Et pour qu'à l'avenir une semblable réforme ne fût pas nécessaire, il ordonna que chaque 4ᵉ année serait

composée de 366 jours, et toutes les autres de 365. (*Voy.* la troisième partie de cet ouvrage.)

Tel est le *Calendrier Julien*, qui a été depuis cette époque en usage dans l'empire Romain et dans toute la chrétienté, jusqu'en 1582, où une nouvelle réforme fut faite. Du temps de Jules-César, on croyait que l'année tropique était juste de 365 jours et un quart; et ce quart de jour répété 4 fois, produisait un jour au bout de 4 ans, ce qui donnait une *année bissextile* ou de 366 jours. Mais on a reconnu que l'année tropique était de 365^j 5^h 48′ 48″, qui est en erreur, sur la supposition, de 11′ 12″ en excès. L'intercalation d'un jour en 4 ans se trouvait donc trop forte de près de trois quarts d'heure, et l'accumulation devait, à la longue, produire une différence assez notable, pour ramener le même défaut de coïncidence entre les deux années solaire et civile, quoique en sens contraire.

Cette erreur de 11′ 12″,354 par an, répétée, produit 1 jour en 128 ans et demi; aussi, dans le 16e siècle, l'année civile revenait 10 jours plus tôt que lors du concile de Nicée, en 325, et l'équinoxe du printemps arrivait le 11 au lieu du 21 mars. Le pape Grégoire XIII, pour rétablir l'état du ciel fixé par le concile, ordonna qu'en 1582 (*) on retrancherait 10 jours, en comptant vendredi 15 octobre le lendemain du jeudi 4 (on

(*) Autrefois en France, l'année commençait le 25 mars, jour de l'Annonciation. Sous Charles IX, en 1564, un édit la fit commencer au 1er du mois de janvier. La réforme grégorienne de 1582 y fut de suite admise, ainsi que dans les autres pays catholiques. Les états protestants ne s'y soumirent qu'en 1751 et 1752; les Anglais comptaient le 7 du mois, et nous le 17, depuis 1583 jusqu'en 1600, et le 18 dans le siècle suivant. La Russie et les chrétiens du rit grec sont les seuls qui, en Europe, ont conservé l'année julienne, laquelle commence maintenant 12 jours après la nôtre. Cette différence sera encore augmentée de 1 après l'année 1900. On est dans l'usage, pour les correspondances avec ces peuples, de marquer les deux dates; $\frac{17}{29}$ janvier désigne que notre 29e jour de janvier est le 17e dans le calendrier julien.

data de la sorte 1, 2, 3, 4, 15, 16...). Et pour qu'à l'avenir l'erreur de 11'12" cessât de s'accumuler, le pontife prescrivit la suppression de 3 bissextiles séculaires sur 4; les années 1700, 1800 et 1900 n'ont que 365^j, au lieu de 366 qu'elles devraient avoir, d'après leur rang dans la période de 4 ans, tandis que l'an 2000 restera bissextile; et ainsi de 4 en 4 siècles. On intercale seulement ainsi 97 jours (au lieu de 100) sur une durée de 400 ans. Cet intervalle est donc de 400 fois 365, plus 97 jours, c'est-à-dire de 146097 jours; et divisant par 400, l'année solaire est supposée de 365^j,2425, quantité fort rapprochée, et qui laisse très peu d'étendue à une erreur, d'ailleurs inutile à éviter.

Il suit de cette exposition de la réforme *grégorienne*, que *pour reconnaître si une année est bissextile, il faut diviser par 4 les deux chiffres à droite du millésime : quand le quotient est exact, l'année est bissextile;* si la division donne 1, 2 ou 3 pour reste, l'année est 1re, 2e, 3e après une bissextile. L'an 1831 est 3e après une bissextile, parce que 3 est le reste de la division de 31 par 4. Si l'année est séculaire, il faut opérer de même, après avoir supprimé les deux zéros à droite du millésime : l'an 1800 est une des bissextiles supprimées dans le *Calendrier Grégorien,* parce que 18 n'est pas multiple de 4.

Rien n'est plus facile que de décomposer en jours un nombre quelconque d'années civiles; on multipliera ce nombre par 365, et l'on ajoutera au produit autant de jours qu'il y a eu d'années bissextiles intermédiaires. Du commencement de 1803 à celui de 1822, la différence 19 est le nombre d'années intermédiaires, parmi lesquelles on compte 5 bissextiles : donc ces 19 années forment $19 \times 365 + 5$, ou 6940 jours.

72. Quant aux subdivisions de l'année, on ne les a pas réglées par des phénomènes solaires. On partage l'an en 12 mois; mais si l'on eût donné 30 jours à chacun, on n'aurait eu que 360 jours, ce qui a conduit à distribuer les 5 ou 6 autres jours dans ces 12 mois. On a choisi l'ordre suivant, qu'on a supposé s'accorder avec la marche du Soleil, et amener à la même date le passage de cet astre dans les divers signes.

HIVER.	PRINTEMPS.	ÉTÉ.	AUTOMNE.
1 Janvier 31ʲ	4 Avril 30ʲ.	7 Juillet 31ʲ	10 Octobre 31ʲ.
2 Février 28 ou 29.	5 Mai 31.	8 Août 31	11 Novembre 30.
3 Mars 31.	6 Juin 30.	9 Sept. 30.	12 Décembre 31.

Les mois sont ainsi alternativement de 31 et 30 jours, excepté les mois consécutifs de juillet et août qui en ont 31, et février qui a 28ʲ dans les années communes et 29 dans les bissextiles.

73. On emploie encore une autre sous-division de l'année, qui est la *Semaine*, formée de 7 jours, *Lundi, Mardi, Mercredi, Jeudi, Vendredi, Samedi* et *Dimanche* (*). L'année est composée de 52 semaines; chacun de ces noms revient ainsi 52 fois; mais comme 52 fois 7 ne donnent que 364, le jour qui commence l'année se reproduit une 53ᵉ fois pour la terminer; l'initial de l'année suivante vient donc un jour au-delà. Ainsi la dénomination du 1ᵉʳ jour de l'an est la même que celle du 31 décembre suivant (du 30, si l'année est bissextile). La même chose a lieu pour toute autre date : le 5 avril d'une année porte le même nom que le 4 avril de l'année d'après; le 1ᵉʳ mars porte

---

(*) Les noms des jours de la semaine sont tirés de ceux des planètes. *Lundi* vient de *Lune*, *mardi* de Mars, *mercredi* de *Mercure*, *jeudi* de *Jupiter*, *vendredi* de *Vénus*, *samedi* de *Saturne*, *dimanche* enfin est le jour du Seigneur ou du *Soleil*. Voici la cause de cette succession. Les distances de la Terre aux sept planètes antrefois connues étaient estimées d'après les temps employés par ces astres à revenir aux mêmes signes. On supposait donc ces corps dans l'ordre suivant des distances décroissantes, en commençant par Saturne, qui est le plus éloigné, et qui donnait le nom au 1ᵉʳ jour de la semaine, le *sabat des Hébreux*.

Saturne, Jupiter, Mars, le Soleil, Vénus, Mercure et la Lune.

Cet ordre est consigné dans ce distique :

Saturnus, dein Jupiter, hinc Mars, Solque, Venusque,
Mercurius, cui sic ultima Luna subest.

On était dans l'usage religieux de consacrer chaque heure du jour aux divinités adorées sous les noms de ces planètes. La 1ʳᵉ heure du *samedi* était consacrée à *Saturne*, et, d'après l'ordre ci-dessus, la 2ᵉ l'était à *Jupiter*, la 3ᵉ à *Mars*, etc. Saturne présidait de nouveau à la 8ᵉ heure, Jupiter à la 9ᵉ, et ainsi de suite; en sorte que la 25ᵉ heure, ou la 1ʳᵉ du lendemain,

le nom du 28 fév. suivant, etc. Ainsi connaissant le nom du jour initial d'un mois, le nom du lendemain est l'initial du même mois de l'année suivante : mais si le 29 février d'une année bissextile est compris dans l'intervalle, il faut avancer de deux rangs au lieu d'un seul. Si le mois d'octobre d'une année commence par un samedi, celui de l'année d'après commencera le dimanche (le lundi si celle-ci est bissextile).

Remarquons que, dans un mois quelconque, *les nombres*

1, 8, 15, 22, 29,

disposés de 7 en 7, *appartiennent à des dates de même dénomination*. Si l'on se grave ces cinq nombres dans la mémoire, ainsi que le nom du 1[er] jour du mois, on a le nom de quatre autres dates, et par suite les noms des autres jours de ce mois. Je sais, par exemple, que le mois commence par un samedi, j'en conclus que le 8, le 15, le 22 et le 29 de ce mois sont aussi des samedis. Si je veux connaître le nom du 19, 4 jours au-delà du 15, en comptant 4 rangs au-delà du samedi, je trouve que le 19 est un mercredi.

---

dimanche, se trouvait consacrée au *Soleil*, toujours en observant l'ordre prescrit. Comme cette succession des 24 heures du jour nous a reporté trois rangs au-delà de Saturne; en avançant de même de trois rangs après le Soleil, nous voyons que la 1[re] heure du *lundi* est consacrée à la *Lune*; trois rangs encore au-delà, la 1[re] heure du *mardi* l'est à *Mars*, et ainsi de suite, en continuant de procéder de trois en trois rangs. Chaque jour de la semaine reçut ainsi le nom de la planète qui se trouvait présider à la 1[re] heure.

On dédiait aussi les années entières à la planète qui présidait à son premier jour; de là dérivent les *semaines d'années* dont parle l'historien Josèphe, pour désigner une période de sept ans, puisque chaque planète présidait à son tour dans cette durée.

Et comme après avoir trouvé que vendredi se rapporte à Vénus, on retombe pour le 8[e] jour sur Saturne, puis pour le 9[e] sur le Soleil, etc., on a obtenu ainsi la petite période de sept jours, dont nous avons conservé l'usage. La révolution du Soleil dans l'écliptique a réglé la durée de notre année; celle de la Lune, ou plutôt de ses phases, a donné les mois; enfin, le culte des planètes a servi à former la semaine. *Voy.* Dion Cassius, liv. XXXVII, p. 77, vers. Xylandr., ed. Lyon 1559.

Connaissant l'initial d'un mois, et prenant 2 ou 3 rangs au-delà, selon que ce mois a 30 ou 31 jours, on a l'initial du mois suivant. Celui de mai est-il un mardi, celui de juin est un vendredi (3 rangs après mardi, parce que mai a 31 j.); juillet commence par un dimanche (2 rangs au-delà, parce que juin n'a que 30 j.), etc.

Et si l'on veut se transporter à un mois éloigné, voici la règle : comptez combien il y a de mois intermédiaires; doublez ce nombre, et ajoutez autant d'unités qu'il se trouve compris de mois de 31 j.; cette somme, dont on supprimera tous les 7 contenus, marquera combien il faut compter de rangs au-delà de l'initial du mois de départ pour avoir celui du mois d'arrivée. Mars 1829 commence par un dimanche, quel est l'initial de septembre? 6 mois intermédiaires, dont 4 de 31 j. donnent 2 fois 6 plus 4, ou 16, qu'on réduit à 2 en ôtant 14 : il faut donc procéder de deux rangs après le dimanche; et septembre commence par un mardi.

Dans ce calcul, février n'entre jamais en compte; seulement, si ce mois a 29 jours, on ajoute 1 au résultat. Ainsi octobre 1827 commence par un lundi, par quel jour commence mars 1828? 4 mois intermédiaires, sans compter février, dont trois de 31 j., donnent 11 jours, ou 4; mais on prend 5, parce que février a 29 jours; procédant de 5 rangs après lundi, on a samedi pour le 1er mars 1828.

74. Le nom du jour qui répond à une date proposée serait donc connu, si l'on connaissait l'initial d'un mois quelconque. *Cherchons le jour qui commence mars* : il faut d'abord savoir que le 1er mars est toujours un

	mercredi	lundi	samedi	jeudi
en.....	1600, 2000...	1700, 2100...	1800, 2200...	1900, 2300...

et ainsi périodiquement de 4 en 4 siècles. Prenez les deux chiffres à droite du milliésime proposé, et divisez ce nombre par 4; vous aurez un quotient et un reste; prenez 5 fois le quotient, ajoutez ce reste au produit, et ôtez tous les 7 contenus, le résultat indiquera de combien de rangs il faut procéder au-delà

de l'initial de mars en l'année séculaire pour avoir celui de l'année proposée. Par exemple, en 1837, 37 est 4 fois 9 plus 1; je multiplie 9 par 5, ou plutôt 2 par 5 (puisqu'il faut supprimer les multiples de 7), et j'ai 10; ajoutant le reste 1 de la division, puis ôtant 7, j'ai 4; ainsi il faut compter 4 jours après samedi, initial de mars 1800, et l'on trouve que mars 1837 commence par un mercredi.

Voici une règle plus facile à pratiquer pour le 19e siècle. *Prenez le nombre exprimé par les deux chiffres à droite du millésime de l'année proposée, ajoutez-y le quart de ce nombre (en négligeant les fractions, si l'on en trouve) et divisez par 7* : le reste indiquera que mars commence par un dimanche, si ce reste est 1; par un lundi, s'il est 2; par un mardi, s'il est 3, etc., par un samedi, s'il est 0. Pour l'an 1837, on a 37+9 (quart de 37) font 46; divisant par 7, le reste est 4; donc mars 1837 commence par le mercredi.

Les noms des jours qui commencent les autres mois de l'année sont ensuite faciles à déterminer, d'après ce qu'on a dit ci-devant.

78. Nous donnerons à la fin du volume un *Calendrier perpétuel* : les noms des jours de la semaine y sont remplacés par les lettres A, B, C, D, E, F, G, écrites périodiquement devant les dates respectives. Si l'année commence par un mercredi, ce jour est désigné par A durant toute l'année, jeudi l'est par B, ...; dimanche par E. La lettre qui indique le dimanche se nomme *Dominicale* ; elle change chaque année, et rétrograde d'un rang, parce que l'année a un jour de plus que 52 semaines. Dans les années bissextiles, comme février a un jour de plus que ne porte notre calendrier, la lettre qui a désigné dimanche en janvier et février, désigne lundi en mars, avril... ; ainsi les bissextiles ont deux lettres dominicales, et celle qui convient aux dix derniers mois précède celle des mois de janvier et février dans l'ordre A, B, C, D, E, F, G, A. Après une bissextile, la lettre dominicale se trouve donc avoir rétrogradé de deux rangs (*).

(*) Ce n'est qu'après 7 bissextiles, ou 7 fois 4 ans, que les dominicales se

Après avoir trouvé l'initial de l'année (p. 137), qui est un A dans le calendrier perpétuel, il sera bien aisé de reconnaître la lettre qui désigne le dimanche, en observant l'ordre des lettres A, B, C... C'est ainsi que l'an 1840 commence par un mercredi, qu'on représente par A ; donc E est la lettre dominicale, pour janvier et février seulement, parce que cette année est bissextile ; D sert pour tous les autres mois.

76. pour former le calendrier d'une année proposée, après avoir déterminé la lettre dominicale, ou le nom du 1[er] jour de mars, il faudra distribuer aux diverses dates les noms des jours correspondants ; les saints et les fêtes qui s'y rapportent. Nous donnons ici en note les dates des fêtes fixes (*), comme on les a inscrites dans le calendrier perpétuel, à la fin du tome. Quant aux *Fêtes mobiles*, ainsi nommées parce qu'elles changent de

---

reproduisent périodiquement. Cette durée de 28 ans porte le nom de *Cycle solaire* ou des *Lettres Dominicales*. Comme ce cycle a commencé l'an 9 avant notre ère, on a cette règle fort simple : *Ajoutez* 9 *au millésime, divisez par* 28, *le reste est le cycle solaire de l'année proposée*. Le quotient marque combien la période s'est reproduite de fois depuis l'an 9. Ainsi en 1829, il faut diviser 1829 + 9 par 28, ce qui donne 65 ponr quotient, et 18 pour reste : 18 est le cycle solaire, lequel s'est reproduit 65 fois depnis l'origine.

Dans le *Calendrier Julien*, comme les bissextiles reviennent régulièrement tous les quatre ans, une table de correspondance des lettres dominicales avec les 28 n[os] du cycle solaire, sert à perpétuité pour déterminer la lettre qui appartient à nne année qnelconque. Mais en 1800, qui ponr nons n'a pas été bissextile, et qui l'a été dans le style julien, au lieu des deux lettres dominicales E et D, nons n'avons employé que E ; 1801 a pris D au lieu de C, etc. La table de correspondance a changé, comme elle changera après toutes les bissextiles séculaires supprimées par la réforme grégorienne. Le cycle solaire n'a donc pour nous d'utilité, qu'en y apportant cette correction séculaire.

(*) La *Circoncision* tombe le 1[er] janv.	L'*Assomption* le 15 août,
L'*Épiphanie* ou les *Rois*, le 6 janv.	La *Saint-Louis*, le 25 août.
La *Purif.* on la *Chandeleur*, le 2 févr.	La *Nativité*, le 8 sept.
L'*Annonciation*, le 25 mars.	La *Toussaint*, 1[er] nov.
La *Saint-Jean* d'été, le 24 juin,	La *Conception*, le 8 déc.
La *S[t]-Pierre* et *S[t]-Pâul*, le 29 juin.	*Noël*, le 25 déc.

Lorsque le dimanche de Pâques tombe avant le 2 avril, l'Annonciation est remise au lundi, huit jours après Pâques, parce qu'on a réglé que l'Annonciation ne doit jamais tomber dans la semaine des Rameaux.

date chaque année, pour les distribuer, il faut d'abord trouver le jour de la *fête de Pâques*, ainsi qu'on va l'enseigner ; on place ensuite :

La *Septuagésime*, le 9e dimanche, ou 63e jour avant Pâques.

Le *Quinquagésime*, ou le dimanche gras, 49e jour avant Pâques : les *Cendres*, ou l'entrée du carême, est le mercredi suivant.

Le 7e jour avant Pâques est le dimanche des Rameaux, que suit la *Semaine sainte ;* le dimanche d'avant est celui de la *Passion*. La *Quasimodo* est le dimanche qui suit Pâques.

Le jeudi, 40e jour à compter de Pâques, est l'*Ascension*, qu'on fait précéder par 3 jours de *Rogations*.

La *Pentecôte* est le 10e jour après l'Ascension.

La *Trinité* est le dimanche suivant, ou le 8e dimanche après Pâques : la *Fête-Dieu* est le jeudi d'après ; elle tombe à la même date que le samedi saint, mais deux mois plus tard.

Les quatre dimanches avant Noël sont ceux de l'*Avent*.

Enfin, les *Quatre-Temps* sont placés aux mercredis *qui suivent*, 1°. les Cendres, 2°. la Pentecôte, 3°. le 14 septembre, 4°. le 13 décembre (*).

(*) Voici un moyen commode de placer les fêtes mobiles à leurs dates.

Dates des fêtes mobiles, lorsque Pâques tombe le 31 *mars.*

La Septuagésime, 27 janv. (28 si l'année est bissextile).
Les Cendres, 13 février (14 si l'année est bissextile).
Passion, 17 mars ; *Rameaux*, 24 mars ;
Ascension, 9 mai, *Pentecôte*, 19 mai. *Trinité*, 26 mai.
Fête-Dieu, 30 mai.

Si Pâques tombe en avril, ajoutez la date de ce jour à toutes les précédentes ; et si cette date tombe en mars, cherchez combien de jours avant le 31, et retranchez ce nombre de toutes les dates ci-dessus. Par exemple, en 1828, la Pâque tombe le 6 avril ; j'ajoute 6 à toutes les dates qu'on vient de donner, et je trouve que la septuagésime arrive le 34 janvier, ou plutôt le 3 février, les Cendres le 20 février, l'Ascension le 15 mai, la Pentecôte le 25, etc. En 1837 Pâques arrive le 26 mars, ou 5 jours avant le 31 ; il faut ôter 5, et l'on trouve que la Septuagésime tombe le 22 janvier, les Cendres le 8 février, l'Ascension le 4 mai, etc.

Les dates de l'Avent et des Quatre-Temps sont assez faciles à déterminer, d'après la règle donnée.

77. Tous les 19 ans, les phases lunaires reviennent aux mêmes dates (n° 61), parce qu'il y a juste 235 lunaisons écoulées : si l'on construit 19 tables pour autant d'années, indiquant la date de chaque phase, il suffira de choisir, pour une année proposée, celle de ces tables qui doit y être appliquée.

Marquons ces tables des n°s 1, 2, 3,... 19, dans l'ordre de leur succession naturelle; le *Nombre d'or* est le numéro qui convient à cette année. L'an qui précéda la 1re de notre ère fut la 1re du cycle; la suivante fut la 2e, l'an 2 fut la 3e,... la période recommença l'an 19. Donc, *si l'on ajoute* 1 *au millésime, et qu'on divise par* 19, *le reste sera le nombre d'or de l'année proposée;* le quotient marquera le nombre de périodes accomplies depuis l'origine de notre ère. Ainsi en 1839, comme en divisant 1840 par 19, on a le reste 16, 16 est le nombre d'or.

Mais une seule table peut tenir lieu des 19 dont il vient d'être question. On inscrit (*voy.* le Calendrier perpétuel) près des jours successifs les nombres dits *lunaires* de 1 à 30 en ordre rétrograde, 30 ou 0 au 1er janvier, 29 au 2, 28 au 3,... et ainsi en continuant. Et comme la lunaison n'a que 29 jours $\frac{1}{2}$; on fait alternativement ces périodes de 30 et de 29 jours, c'est-à-dire qu'*on cumule les nombres* 25 *et* 26 *de* 2 *en* 2 *mois lunaires*, si le nombre d'or est $>$ 11, et 24 avec 25 s'il est de 1 à 11. Il est superflu de nous arrêter ici à la cause qui a déterminé le choix des épactes cumulées 24, 25 et 26. (*Voy.* la 3e partie.)

Voici l'usage de ces nombres lunaires : nous savons (n° 53) que si l'on a l'*Age de la Lune* au renouvellement de l'année, ou l'*Épacte*, on trouve aisément la 1re néoménie, et par suite toutes les autres, et les diverses phases moyennes. Supposons cet âge donné. D'après l'ordre rétrograde des nombres lunaires 30 ou 0, 29, 28,... le numéro de cet âge doit répondre à la date de la 1re néoménie, et par suite à toutes les néoménies de l'année : les autres phases s'obtiennent en ajoutant 6, 13 et 20 à cette épacte. En 1840 l'épacte est 26, et nous trouvons ce nombre aux dates des 4 février, 5 mars,... ce sont les dates des

néoménies moyennes. Les pleines lunes correspondent aux nombres 9, les 1ers quartiers aux 2, et les derniers quartiers aux 16. On retranche 30 de la somme, quand cela se peut.

78. Enseignons donc à trouver cette épacte. Puisque l'année solaire dépasse de 11^j la lunaire, si l'épacte est 0 pour une année, elle est 11 pour la suivante, puis 22, puis 33 (ou plutôt 3, en ôtant 30), etc.; de là ce tableau de correspondance entre *les Nombres d'or et les Epactes.*

Nomb. d'or.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX.
Épactes.	*	11	22	3	14	25	6	17	28

Nomb. d'or.	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX
Épactes.	9	20	1	12	23	4	15	26	7	18.

Soit l'équidifférence (*) 0.11.22.33.44...; supprimez tous les multiples de 30; vous aurez 0.11.22.3.14... qui est la série des épactes : pour avoir l'épacte d'une année proposée, il ne s'agit que de prendre le nombre dont le rang est marqué par le nombre d'or.

Cette table doit changer avec les siècles; de 1900 à 2100, il faudra ôter 1 à chaque épacte; 13 répondra au nombre d'or V, 22 à XIV, * à XII, 29 à I, etc. Cette altération tient à la réforme grégorienne : la période de 19 ans n'étant pas rigoureusement exacte, il faut changer aussi cette correspondance tous les 300 ans.

Comme ce calcul suppose à la Lune des mouvements moyens, il ne donne la vraie néoménie qu'à 1 ou 2 jours près, ce qui est bien peu exact pour une marche aussi compliquée; mais dans les usages civils, le but est moins de donner les époques des phases, que de fixer la date des fêtes mobiles, ainsi que nous allons l'exposer (n° **79**).

(*) En rapprochant cette notion de celle du n° **77**, on en tire cette règle qui a lieu de 1800 à 1900. (*Voy.* n° **396**).

1°. *Retranchez 4 des deux chiffres à droite du millésime, divisez par 19; le reste est le nombre d'or.*

2°. *Retranchez 1 du nombre d'or, multipliez par 11, supprimez tous les multiples de 30, le reste est l'épacte civile.*

L'année lunaire étant plus courte de 11^j que la solaire, le mois surpasse d'à peu près 1^j la lunaison : chaque date de la néoménie arrive donc environ 1^j plus tôt que dans le mois précédent. De là cette règle : *Pour trouver l'âge de la Lune un jour proposé, ajoutez à la date l'épacte de l'année et autant d'unités qu'il y a eu de mois entièrement écoulés à partir de mars; le reste sera la date lunaire* : il faut ôter 30, s'il est possible. On demande l'âge de la Lune pour le 29 mai 1822? l'épacte est 7; j'ajoute à 7 et 29 le nombre 2 des mois, et j'ôte 30 de la somme; le reste 8 annonce que le 29 mai est le 8e de la lunaison. Lorsqu'il s'agit des deux premiers mois de l'année, on substitue mars à janvier, et avril à février; les dates lunaires étant respectivement les mêmes.

79. D'après les décisions de l'Église, *la fête de Pâques doit être célébrée le 1er dimanche d'après la pleine lune qui suit le 20 mars.* Cette règle établie dans l'origine, en supposant que l'équinoxe du printemps arrive toujours le 21 mars, et que les lunaisons sont réglées sur les épactes civiles, regarde comme étant la lune de l'équinoxe, la 1re néoménie qui vient *après* le 8 mars, afin qu'en comptant 13 jours *après* cette date, ce 13e jour, qui est celui de la pleine Lune, vienne au plus tôt le 21 mars. Ces hypothèses étant défectueuses, on ne peut regarder la détermination de cette fête que comme le résultat d'une convention assez compliquée, et à peu près étrangère aux phénomènes astronomiques auxquels on l'avait crue soumise. Le nombre d'or fait connaître l'épacte (n° 78), d'où résultent les néoménies des mois de mars et avril. En comptant 13^j *après* le jour de cette néoménie, on arrive à la pleine lune (après le 20 mars) : le dimanche *qui suit* est la fête de Pâques (*). (*Voy.* la 3e partie.)

(*) On conçoit difficilement que les hommes se soient soumis à une aussi bizarre convention, dans le but d'accorder les mouvements du Soleil et de la Lune, qui ne peuvent être soumis aux règles qu'on a prescrites, et aussi pour éviter que la néoménie se trouvant indiquée plus tôt qu'elle n'arrive en

En 1817, par exemple, le nombre d'or est 13 (reste de la division de 17—4 par 19; par suite, l'épacte est 12 : en cherchant 12 parmi les nombres lunaires de mars dans le calendrier perpétuel, je vois que le 19 mars est réputé le jour de la néoménie; 13j au-delà j'ai le 19 + 13, ou 32 mars, ou 1[er] avril; c'est la pleine lune pascale. Or, en 1817, la lettre dominicale est E; le dimanche qui suit le 1[er] avril est le 6, qui est le jour de la fête de Pâques.

Il ne faut pas oublier que si l'épacte est 25, elle est cumulée avec 26 ou 24, selon que le nombre d'or est ou n'est pas > 11.

Pour faciliter l'opération précédente, nous avons indiqué ici pour 22 ans, la date de la fête pascale, l'épacte et le nom du jour qui commence mars. Sept autres tables servent à perpétuité à trouver le dimanche de Pâques, lorsqu'on connaît l'initial de mars et l'épacte (par les n[os] 74, 77 et 78). On choisit la section qui se rapporte à l'initial de mars; l'épacte donne ensuite la date pascale. Par exemple, en 1861, l'épacte est 18, mars commence par un vendredi; la table qui porte ce jour en tête contient la ligne (14 à 20, 31 M), qui montre que le 31 mars est le dimanche de Pâques (*).

---

effet, notre fête pascale fût célébrée le 14[e] jour de la Lune vraie, ou même avant, et en même temps que les *quarto-décimants* et les Juifs. (*Voyez* Fleury, *Hist. Ecclés.*, an. 196.) La durée inégale des mois, la distribution des épactes, la mobilité des fêtes, tout porte dans le Calendrier le caractère de la plus étrange et de la plus inutile complication. Il n'y a pas même jusqu'à l'intercalation qu'on ne soit en droit de regarder comme superflue. Cependant soumettons-nous à la volonté générale, jusqu'à ce qu'elle ait prononcé un arrêt plus philosophique.

(*) On est dans l'usage d'appeler *Lune de mars*, la lunaison durant laquelle la fête de Pâques tombe, et *Lune rousse* celle qui suit. Les auteurs ne s'accordent pas sur les noms des mois lunaires; les uns veulent que chaque lunaison tire sa dénomination du mois où elle commence; les autres, du mois où elle finit : mais ceci n'est qu'une dispute de mots, qui n'intéresse en rien l'Astronomie. Le nom de Lune rousse vient du préjugé qui attribue à cet astre une influence funeste dans les mois d'avril et mai, où les gelées sont désastreuses. (*Voyez* l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, 1828.)

An	1er mars.	Épactes.	Pâques.
1837	mercr.	23	26 M
38	jeudi.	4	15 A
39	vendr.	15	31 M
1840	dim.	26	19 A
41	lundi	7	11 A
42	mardi.	18	27 M
43	mercr.	*	16 A
44	vendr.	11	7 A
1845	sam.	22	23 M
46	dim.	3	12 A
47	lundi.	14	4 A
48	mercr.	25	23 A
49	jeudi.	6	8 A
1850	vend.	17	31 M
51	sam.	28	20 A
52	lundi.	29	11 A
53	mardi	50	27 M
54	mercr.	1	16 A
1855	jeudi.	12	8 A
56	sam.	23	23 M
57	dim.	4	12 A
58	lundi.	15	4 A

DIMANCHE.		MERCREDI.		SAMEDI.	
0 et 1	19 A	0 à 4	16 A	0	20 A
2 à 8	12 A	5 à 11	9 A	1 à 7	13 A
9 à 15	5 A	12 à 18	2 A	8 à 14	6 A
16 à 22	29 M	19 à 23	26 M	15 à 21	30 M
23	22 M	24 à 27	23 A	22 et 23	23 M
24 à 30	19 A	28 à 30	16 A	24 à 30	20 A
LUNDI.		**JEUDI.**			
0 à 2	18 A	0 à 5	15 A		
3 à 9	11 A	6 à 12	8 A		
10 à 16	4 A	13 à 19	1 A		
17 à 23	28 M	20 à 23	25 M		
24 et 25	(*)25 A	24 à 28	22 A		
26 à 30	18 A	29 et 30	15 A		
MARDI.		**VENDREDI.**			
0 à 3	17 A	0 à 6	14 A		
4 à 10	10 A	7 à 13	7 A		
11 à 17	3 A	14 à 20	31 M		
18 à 23	27 M	21 à 23	24 M		
24 à 26	24 A	24 à 29	21 A		
27 à 30	17 A	30	14 A		

A désigne *Avril*.
M......;*Mars*.

(*) Si mars commence par un lundi, que l'épacte soit 25, et le nombre d'or plus grand que 11, la fête pascale tombe le 18 avril et non pas le 25.

Si la pleine Lune tombe le 21 mars, et que le lendemain soit un dimanche, ce jour sera celui de Pâques; c'est le plus tôt que cette fête puisse arriver (en 1818). Le plus tard a lien quand la pleine Lune tombe le 20 mars, et que, forcé de reconrir à la lunaison suivante, qui est le 18 avril, ce jour se trouve être un dimanche; car il faut procéder 7 jours plus loin, on le 25 avril (en 1886). La fête de Pâques tombe donc toujours entre le 21 mars et le 26 avril.

Cette exposition suffit pour composer le calendrier. On cherche l'initial de mars ou la lettre dominicale, qui règle les dénominations de chaque jour de l'année, le nombre d'or, puis l'épacte qui détermine les phases moyennes de la Lune, et la fête de Pâques. Il reste ensuite à distribuer les fêtes mobiles d'après leurs distances à cette fête, et à inscrire aux autres dates les noms des saints et des fêtes fixes.

On a coutume d'indiquer dans les calendriers les phases lu-

naires, les éclipses et divers autres phénomènes astronomiques. Comme ce traité est destiné à donner le moyen d'en calculer les époques, nous renvoyons aux divers chapitres où ces sujets sont exposés. Quant aux prédictions morales, et à celles des variations atmosphériques dont on a soin d'enrichir les almanachs, nous croirions faire injure à nos lecteurs en les entretenant de ces ridicules présages, qu'il faut rejeter parmi les absurdes rêveries de l'*Astrologie judiciaire*.

Appliquons ces règles au calendrier de 1841. Pour trouver le jour initial de mars, le n° 74 ferait connaître que ce mois commence par un lundi. De là résultent les noms des autres jours de l'année. D'ailleurs, d'après le haut de la p. 112, la lettre dominicale est C, et l'on peut inscrire dans le calendrier perpétuel dimanche à chaque retour de C, lundi pour D, etc. Nous indiquons ici le commencement de chaque mois.

	Janv. Fév. Mars.	Avr. Mai. Juin.	Juill. Août. Sept.	Oct. Nov. Déc.
1	vend. lund. lund.	jeud. sam. mar.	jeud. dim. mer.	vend. lund. mer
2	sam. mar. mar.	vend. dim. mer.	vend. lund. jeud.	sam. mar. jeud.
3	dim. mer. mer.	sam. lund. jeud.	sam. mar. vend.	dim. mer. vend.
4	lund. jeud. jeud.	dim. mar. vend.	dim. mer. sam.	lund. jeud. sam.
	etc.	etc.	etc.	etc.

Les jours de la semaine ainsi distribués, les saints et les fêtes fixes sont aisément classés à leur place, et il ne reste qu'à marquer les fêtes mobiles d'après la date pascale. La règle p. 141 donne XVIII pour nombre d'or, reste de $\frac{41-4}{19}$, et par suite l'épacte 7; ainsi, d'après le tableau p. 144, la fête de Pâques tombe le 11 avril. Donc on a (p. 139),

Septuagés. 7 févr.	*Passion*, 28 mars.	*Ascension*, 20 mai.
Quinquag. 21 févr.	*Rameaux*, 4 avril.	PENTECÔTE, 30 mai.
Cendres, 24 févr.	PAQUES, 11 avril.	*Trinité*, 6 juin.
Annonciat. 25 mars.	*Quasim.*, 18 avril.	*Fête-Dieu*, 10 juin.

Le premier dimanche de l'*Avent* est le 28 novembre.
Quatre-Temps, les 3 mars, 2 juin, 15 septembre et 15 décembre.

Quant aux néoménies moyennes, ou les place chaque fois que l'épacte 7 se rencontre dans le calendrier perpétuel, savoir : 24 janvier et mars, 22 février, avril et mai, 20 juin et juillet, 18 août.... Les pleines Lunes viendront aux épactes 20, savoir : les 11 janvier et mars, 9 février, avril et mai, 7 juin....

Nous nous réservons de traiter, dans la 3e partie, de la correspondance des dates des divers calendriers, ainsi que des différentes *ères* et *périodes* qui leur ont servi de base.

Des Planètes.

80. Nous avons dit que les étoiles sont fixées au firmament, et que leur mouvement diurne n'est qu'une apparence due à la rotation de la Terre en 24^h, dans un sens contraire : l'éloignement de ces étoiles est immense. Mais nous avons ajouté que plusieurs astres, qu'on nomme *Planètes,* ne conservent pas les mêmes situations à l'égard des étoiles fixes. L'observation a appris qu'elles sont incomparablement plus rapprochées de nous, qu'elles n'ont pas de lumière propre, et que, semblables à la Lune, celle dont ils brillent n'est qu'empruntée du Soleil qui les éclaire. Les planètes ont aussi, comme notre globe, un mouvement de rotation sur un axe ; et parcourent autour du Soleil un orbe elliptique dont cet astre occupe le foyer commun. Toutes ont ce double mouvement qui les emporte d'occident en orient.

Qu'on se représente le cercle céleste, que nous avons appelé *écliptique ;* les planètes en sont toujours très proches, ce qui vient de ce que chaque orbite est très peu inclinée sur ce plan. Lorsque la planète atteint le point de cette courbe où elle rencontre l'écliptique céleste, elle est dans la ligne de section de son orbite avec le plan de l'écliptique, ou à son *Nœud ascendant* ou *descendant ;* ces nœuds sont faciles à observer, puisque la planète occupe un des lieux de ce cercle, si bien connu, qui forme l'écliptique céleste : on la voit même quelquefois coïncider avec quelqu'une des étoiles qui s'y trouvent.

On dit qu'une planète est en *conjonction* avec le Soleil, quand elle a même longitude que lui ; on la dit en *opposition* quand

la différence des longitudes est de 180°. Dans le 1er cas, la planète passe à midi au méridien; elle y est à minuit dans le second.

On distingue sept planètes principales, qu'on a nommées *Mercure, Vénus,* la *Terre, Mars, Jupiter, Saturne* et *Uranus.*

Les deux 1res sont plus près que nous du ⊙, et leur orbite est renfermée dans celle de la Terre. Soit S le Soleil, *c'd'g'* (fig. 22) l'écliptique que la Terre décrit en un an, *eg* l'orbe de Vénus, EDC celui de Mercure. Dans toutes les situations relatives de ces trois corps autour du Soleil S, il est visible que Vénus et Mercure nous sembleront toujours plus ou moins rapprochés de cet astre et jamais en opposition ; il y aura deux sortes de conjonctions : l'une en-deçà (inférieure), l'autre au-delà du ⊙ (supérieure). La *digression* ou l'*élongation,* qui est le plus grand écart, sera le rayon de l'orbe vu de la Terre. Ces planètes semblent être tantôt à droite, tantôt à gauche de l'astre du jour, comme des *Satellites* qui le suivent dans sa marche apparente, précisément comme la Lune suit en effet notre globe, en tournant autour de lui, pendant sa révolution autour du ⊙. Si la planète nous paraît à l'est de cet astre, elle n'est visible que le soir, après le coucher; si elle est à l'ouest, on ne la voit que le matin avant l'aurore. Les directions du mouvement dans l'orbite étant de l'ouest à l'est (de droite à gauche), pour le spectateur placé dans la région boréale du ⊙, il est bien facile de juger si la planète s'approche, soit de nous, soit d'une conjonction. Si elle est près d'un nœud, c'est-à-dire presque sur l'écliptique, en même temps qu'elle se trouve près de la conjonction, elle paraît coïncider avec le Soleil, et se peint sur son disque comme un point noir. C'est une sorte d'éclipse à laquelle on donne le nom de *passage sur le Soleil ;* la planète paraît traverser l'astre de gauche à droite. Telles sont les apparences qu'offrent les deux planètes inférieures.

Les autres planètes sont *supérieures,* c.-à-d. plus éloignées que nous du ⊙, dont elles paraissent s'écarter à toutes les distances angulaires, se trouvant tantôt en conjonction, tantôt en opposition, ou en quadrature. Comme notre vitesse surpasse beau-

coup celle de ces corps, supposons que l'un est immobile en f' dans son orbite $c'e'g'$, pendant que la Terre suit l'écliptique ETB. Quand la Terre est vers F, la planète est en conjonction avec le Soleil, et plus loin de nous que cet astre; ces deux astres se lèvent et se couchent ensemble. Quand la Terre est en E', la planète est en quadrature, passant au méridien 6^h avant le ⊙; quand nous arrivons en T, elle est en opposition, se trouve bien plus proche de nous, et jouit de l'éclat le plus vif; elle passe à minuit au méridien; elle est *achronique*, demeurant toute la nuit sur l'horizon. Enfin notre globe étant en A, il y a de nouveau quadrature; la planète passe au méridien à 6^h du soir.

Comme nous transportons au Soleil la vitesse de notre globe, voici les apparences qu'offre la marche d'une planète supérieure. Un peu avant sa conjonction, on la voit à la gauche du ⊙ se coucher peu après cet astre; l'un et l'autre s'avancent vers l'est; mais comme la marche du Soleil est plus rapide, il se rapproche de la planète et l'atteint; elle est entrée dans les feux de cet astre et nous cessons de la voir. Mais bientôt après nous l'apercevons à l'orient un peu avant le Soleil levant; elle se dégage de ses rayons; placée à sa droite, elle se lève et se couche un peu avant lui. Le ⊙ l'a devancée et continue de s'en écarter vers la gauche de tout son excès de vitesse; et l'arc qui les sépare s'accroissant chaque jour, le lever de la planète devance de plus en plus celui du ⊙ : à la quadrature la distance est de 90°, elle se lève vers le milieu de la nuit. Lorsque l'arc est devenu de 180°, il y a opposition; la planète passe au méridien à minuit, se lève le soir, et se couche le matin. Au-delà, sa distance au ⊙ continue d'augmenter; mais le reste du cercle diminue, et le ⊙ se rapproche chaque jour de la planète, qui passe au méridien après minuit; le ⊙ arrive à la seconde quadrature, puis à la conjonction.

C'est ainsi qu'après s'être superposées, on voit les aiguilles d'une montre s'écarter à raison de leurs vitesses inégales : mais lorsque la distance est d'une demi-circonfér., l'arc s'accroît encore, par conséquent, l'arc du côté opposé continuant de diminuer,

les aiguilles se rapprochent en effet; c'est l'aiguille rapide qui poursuit à son tour l'autre.

Descendons maintenant dans les détails des mouvements de chacun des corps planétaires.

81. Mercure ☿ est un très petit globe de 1200 lieues de diamètre, fort peu distant du Soleil, dont il nous paraît s'écarter de 16° 12′ à 28° 48′, la digression moyenne est de 22° $\frac{1}{2}$ en terme moyen. Cette planète est donc souvent engagée dans les rayons solaires, et rarement visible à l'œil nu dans nos climats : on la voit le soir à l'occident après le coucher de cet astre, ou le matin à l'orient avant son lever. Elle ne fait que des oscillations plus ou moins régulières des deux côtés du Soleil. La durée de ses retours au même lieu relatif au Soleil, est de 106 à 130j; et le plus grand écart, en partant d'une conjonction avec le Soleil, est de près de 29°. Les élongations de Mercure varient selon les circonstances, depuis 16° 12′ jusqu'à 28° 48′.

Au télescope, Mercure présente des phases comme la Lune. Dans ses quadratures, il paraît sous la forme d'un croissant dont les pointes sont opposées au Soleil ; ce qui prouve que cette planète est opaque. Dans ses conjonctions supérieures, c.-à-d. lorsqu'elle est au-delà du Soleil, la planète doit être pleine, parce que la face éclairée nous regarde ; elle ne nous montre au contraire que la face obscure lorsqu'elle est entre le Soleil et nous, ou dans les conjonctions inférieures. Il se peut même qu'elle passe sur le disque de cet astre et nous paraisse le traverser en quelques heures, sous l'apparence d'un point noir. Mais ce phénomène arrive rarement, parce qu'il exige le concours des mêmes circonstances que pour les éclipses du Soleil par la Lune ; il faut que le ☉ et ☿ soient ensemble au nœud de la planète, ce qui n'a lieu que dans les mois de mai et novembre. L'observation de cette planète est d'ailleurs très difficile, à raison de sa distance à notre globe, de sa petitesse (son volume n'est pas triple de celui de la Lune), et enfin de sa proximité du Soleil.

Sans doute il a fallu une longue suite d'observations pour reconnaître que cet astre, qu'on voit sous des apparences différentes, tantôt le soir, tantôt le matin, est la même planète; mais comme la cause de la différence de ces aspects est connue, et que l'un n'est visible que lorsque l'autre cesse de l'être, il est naturel de rapprocher les circonstances du mouvement, et d'en conclure que c'est le même corps qui oscille des deux côtés du Soleil.

Ces faits, étudiés avec soin, ont prouvé que Mercure décrit autour du Soleil une ellipse peu étendue, la plus excentrique des sept grosses planètes, et qui est toujours renfermée dans celle que décrit la Terre par son mouvement annuel, et dont le plan est incliné de 7° à l'écliptique. Les passages sur le disque du Soleil reviennent périodiquement après 6, 7, 13, 46 et 263 ans; ces durées intermédiaires dépendent de la position des nœuds relativement aux *absides*, c'est-à-dire aux extrémités du grand axe de l'ellipse, ou le *périhélie* et l'*aphélie*. Le rayon de l'orbe, ou la moyenne distance de Mercure au Soleil, est les $\frac{2}{5}$ du rayon de l'écliptique, ou 9284 demi-diamètres de la Terre, ou enfin 13 300 000 lieues. Le diamètre apparent varie, avec les distances, de 5″ à 12″; la valeur moyenne est de 8″,5.

Le diamètre de Mercure est les $\frac{2}{5}$ de celui de la Terre; son volume en est le 16ᵉ: l'ellipse qu'il décrit est très excentrique; le temps de la révolution entière est de $87^j 23^h 15' 44''$. La planète tourne sur son axe en $24^h 5' 28''$; l'angle de son orbite avec son équateur est très grand; les variations des saisons y sont considérables: on lui suppose une atmosphère très dense. Newton, en comparant les distances au Soleil, a reconnu que dans Mercure la chaleur et la lumière sont 7 fois plus intenses que sur notre globe au milieu de l'été, température supérieure à celle de l'eau bouillante: cette planète est donc inhabitable pour des êtres de notre nature. On suppose que ses montagnes ont jusqu'à 8000 toises d'élévation.

32. VÉNUS ♀ offre toutes les mêmes apparences que Mercure, mais avec des phases plus sensibles, et des oscillations plus étendues et de plus longue durée. Cette belle planète a une

lumière plus blanche que celle des autres corps célestes : son volume et sa proximité de la Terre, à de certaines époques, la rendent si brillante, qu'on la voit en plein jour : on estime alors qu'elle répand autant de lumière que 20 étoiles de 1[re] grandeur. On ne l'aperçoit que durant 3^h ou 4^h au plus, soit le matin vers l'orient, soit le soir à l'occident. Comme on la prenait pour deux astres différents, on l'a nommée l'*Étoile du jour*, *Lucifer*, *Phosphore*, Φωσφόρος, lorsqu'elle précède le lever du Soleil, et l'*Étoile du soir ou du berger*, *Vesper*, Ἕσπερος, quand on la voit à son coucher. L'instant où son éclat est le plus vif est vers son quartier et non lorsqu'elle est pleine, position où étant placée au-delà du Soleil, elle en est trop voisine, et en outre plus éloignée de nous. Les phases sont très sensibles, et bien plus aisées à observer que celles de Mercure ; surtout vers la conjonction inférieure; la partie obscure conserve alors une lueur qui a fait croire que son sol est phosphorescent.

L'orbite de Vénus est une ellipse dont le Soleil occupe le foyer, et qui est moins étendue que l'écliptique, mais plus que l'orbe de Mercure : la moyenne distance de Vénus au Soleil est environ les $\frac{5}{7}$ de celle de la Terre, ou 17348 rayons terrestres (24 860 000 lieues). La chaleur et la lumière y sont deux fois plus grandes que sur notre globe. Cette planète oscille, comme Mercure, de part et d'autre du Soleil, mais dans un arc plus étendu ; elle s'éloigne de cet astre de 45° à 47° 12′, environ le quart de la partie visible de l'écliptique ; la digression moyenne est de 46° 6′ en 146 jours, à partir du Soleil; il lui faut 584 jours pour revenir à la même place par rapport au Soleil. Vénus nous apparaît le matin pendant 40 semaines, et le soir pendant la même durée. Ses phases et ses changements de distance font éprouver à son diamètre apparent de grandes variations (de 9″,6 à 61″,2); la valeur à la distance moy. de la Terre au ☉ est 16″,9. Le diamètre de cette planète est presque égal à celui de la Terre (environ 2800 lieues); son volume n'est moindre que d'un 9[e].

Le plan de l'orbite de Vénus coupe l'écliptique suivant une droite, *la Ligne des nœuds*, qui va maintenant du 75[e] degré

de longitude au 255e. La durée de la révolution sidérale est de $224^j\ 16^h\ 49'\ 8''$, ce qui fait 1° 36′ par jour.

Vénus revient en conjonction tous les 584^j, et sa longitude s'accroît à chaque fois de 316°; après cinq conjonctions, ou $2920^j = 8 \times 365^j$, sa longitnde est augmentée de 5 fois 216°, ou 1080°, qui font 3 circonférences. Ainsi, *à très peu près, tous les huit ans, les conjonctions de Vénus et du Soleil arrivent au même lieu du ciel,* remarque qui sert à calculer, par approximation, les mouvements de cette planète.

Comme Mercure, Vénus passe quelquefois sur le Soleil et s'y peint comme un point noir qui le traverse de gauche à droite. Lorsqu'elle décrit le diamètre même, la durée du passage est de 8^h moins 6 à 8′; mais, à raison de la parallaxe, ce passage, observé de divers points du globe, doit beaucoup varier. Les passages de Vénus sur le disque du Soleil offrent le moyen le plus exact d'obtenir les distances de ces astres à la Terre e leurs parallaxes : ceux de 1761 et 1769 ont donné 8″,5776 pour la parallaxe solaire (n° 20). La distance du Soleil à la Terre sert ensuite d'échelle pour mesurer l'éloiguement des autres planètes.

Lorsque, par la combinaison des mouvements, Vénus se projette sur le disque solaire, cette planète en décrit une corde, qui est très différente ponr les divers observateurs, aussi bien que la durée du passage, surtout si les lieux sont convenablement choisis. Cette durée, qu'on peut mesurer avec une extrême précision, serait de $7^h\ 54'$ si la projection était centrale; elle dépend essentiellement de la différence de position des deux astres à notre égard, c.-à-d. de la différence des parallaxes. De là résulte la valeur de cette quantité, et par suite celle de la parallaxe même. (Voyez *Astronomie* de Delambre, t. II, page 468.) Nous reviendrons bientôt sur ce sujet.

Ces passages de Vénus sur le Soleil se calculent à la manière des éclipses. Ils sont rares et peuvent arriver à une heure où ces astres sont cachés sous l'horizon, ce qui rend, dans ce cas, les voyages nécessaires aux astronomes qui veulent les observer. En 1769, des astronomes allèrent observer le passage

de Vénus sur le Soleil, les uns au fort du Prince de Galles, à la baie d'Hudson, d'autres à Otaïti, dans la mer du Sud; Chappe alla en Californie, Hell à Wardhus, aux limites septentrionales de la Laponie, et Planmann à Cajanebourg, en Finlande. Ce sont ces beaux travaux qui ont fait connaître la parallaxe solaire avec précision. Après un passage, il s'écoule un intervalle de huit ans, avant d'en observer un 2e; puis le 3e ne revient qu'après 121 $\frac{1}{2} \pm 8$ ans, et ainsi périodiquement, savoir, 8, 121 $\frac{1}{2}$, 8 et 105 $\frac{1}{2}$ ans. Au reste, cette règle est assez incertaine, à cause des distances en latitude. Ils ont toujours lieu en décembre ou en juin, instants où le Soleil a 255° et 75° de longitude, c.-à-d. est près des nœuds de Vénus. En 1874, le 8 décembre, le passage durera 4^h 9′, et sera invisible à Paris; puis le 6 décembre 1882, etc.

L'orbite de Vénus est inclinée de 3° 23′ 28″,5 sur l'écliptique, dont la planète nous paraît quelquefois s'écarter de près de 9°; c'est elle qui prend la plus grande latitude et qui a servi à fixer anciennement la largeur du zodiaque (n° 42); mais cette bande, dans laquelle toutes les planètes devaient demeurer sans cesse comprises, n'est plus assez large pour celles qu'on a nouvellement découvertes. Ce n'est d'ailleurs qu'une convention arbitraire et sans utilité.

En observant les taches de Vénus, on a reconnu qu'elle tourne en 23^h 21′ 7″ sur un axe qui demeure sans cesse parallèle. L'équateur est incliné de 72° sur l'orbite. Les variations que présentent les cornes de la planète ont attesté l'existence de très hautes montagnes; et, si l'on peut ajouter foi aux observations, ces élévations sont de 17 mille toises, environ 4 fois plus considérables que celles de notre globe : ce résultat me semble exagéré. En effet, l'éclat que jette cette planète éblouit tellement l'œil qui la voit avec une forte lunette, qu'on n'y remarque aucune des taches permanentes que présente la Lune : Sa lumière est uniforme, ou du moins ses parties moins vives sont très difficiles à suivre dans leurs apparences. Les échancrures des cornes, dont l'observation a donné la durée de la rotation sur l'axe, ne sont pas de nature à permettre de calculer l'élé-

vation des sommités. La proximité de la Lune doit donner bien plus de certitude à l'évaluation des hauteurs qu'on remarque à la surface de ce corps.

La loi de la dégradation de la lumière a conduit Schroëter à penser que Vénus est environnée d'une atmosphère analogue à la notre. Quelques points plus obscurs et variables d'éclat ont semblé être des nuages propres à tempérer l'ardeur du Soleil. Il n'y a aucun aplatissement sensible.

83. MARS ♂ est la moins distante des planètes supérieures. De Mars on verrait le diamètre du Soleil moins grand d'environ un tiers; sa surface n'y semblerait que les $\frac{4}{9}$; la lumière et la chaleur n'y sont que les $\frac{4}{9}$ de celles de la Terre : son volume n'en est guère que le 6ᵉ. La distance de Mars au Soleil est une fois et demie le rayon moyen de l'écliptique, ou 36544 rayons terrestres (52 400 000 lieues). L'ellipse de Mars est très excentrique et extérieure à celle de la Terre, ce qui rend très variable la distance au Soleil, ainsi que les effets qui en dérivent, et que nous avons évalués en termes moyens.

Le diamètre apparent de Mars varie avec les distances (de $4''$ à $18''$) ; le diamètre vrai est la moitié (1600 lieues), et le volume le 8ᵉ de celui de la Terre : Mars est donc gros comme six fois la Lune ou trois fois Mercure. Il tourne d'occident en orient comme nous, et dans un temps à peu près égal (en $24^h 39' 21''$); l'axe de rotation est incliné à l'orbite de $61° 18' 11''$, ce qui rend les variations des saisons presque les mêmes que pour nous, puisque notre axe est incliné de $66° \frac{1}{2}$ à l'écliptique.

Cette planète a une lumière obscure et rougeâtre très prononcée, qui a fait penser qu'elle a une atmosphère épaisse et nébuleuse. Des taches d'une grande étendue paraissent et se détruisent en quelques mois ou en plusieurs années. Il s'y fait donc d'étranges changements, puisqu'ils sont visibles à une aussi grande distance; mais on ne peut former que des conjectures à cet égard. M. Herschell croit qu'il existe des mers et des continents, les unes ayant une couleur verdâtre, les autres rouges comme le sont nos terres ocreuses ou certaines variétés de grès.

L'étendue considérable de ceux-ci donne à la lumière de Mars cette nuance rutilante qui la fait distinguer. On attribue à des glaces polaires l'existence de deux segments plus éclatants et variables. On observe aussi des bandes ou filets parallèles à l'équateur de cette planète. L'année de Mars, ou le temps de sa révolution sidérale dans l'orbite, est presque double de celle de la Terre, puisqu'elle emploie 687^{j} à accomplir sa révolution ($686^{j}23^{h}30'41'',4$), en s'écartant très peu de l'écliptique. L'angle de ces deux plans n'est que $1^{\circ}51'6''$. Mars revient en conjonction avec le Soleil après 780 jours environ.

Le moyen mouvement de Mars est de $31'27''$ par jour, ou environ 11° pour 21^{j}. Les distances extrêmes de la Terre à cette planète sont 0,52 et 1,52 du rayon moyen de l'écliptique : ainsi notre globe est à peu près à la même distance moyenne du Soleil et de Mars. Dans les oppositions, la planète est très brillante : ce phénomène revient après 2 ans et 50 jours. En août 1719, Mars était à la fois au périhélie et en opposition ; l'éclat extraordinaire que jetait cette planète porta l'effroi parmi les ignorants. En 32 ans, il y 15 oppositions qui ont parcouru l'orbite entière. Lorsque cet astre se rapproche du ☉, il présente des phases comme la Lune ; mais bientôt son diamètre devient si petit, qu'on ne peut l'apercevoir sans lunette.

Les phases de Mars n'ont pas la forme d'un croissant, mais bien celle d'un ovale plus ou moins allongé. A mesure que les planètes s'éloignent du Soleil, les phases doivent paraître moins prononcées, puisque si quelqu'un de ces corps était dans la région des étoiles, la Terre étant comme confondue avec le Soleil, pour une aussi grande distance, la planète serait toujours pleine.

84. Jupiter ♃ est remarquable par la vivacité de sa lumière, dont l'éclat surpasse quelquefois celui de Vénus : c'est la plus grosse des planètes. Jupiter est 1281 fois plus gros que la Terre, son diamètre vrai est de 31000 lieues, et son diamètre apparent, variable avec les distances, va de 30″ jusqu'à 46″ : son orbite embrasse celle de Mars, et par conséquent aussi celles de la

Terre, de Vénus et de Mercure; et la petitesse de ces planètes les rend presque invisibles à l'observateur placé dans Jupiter, quoique Mars en soit quelquefois assez rapproché. Si on les y suppose visibles, elles doivent paraître osciller de part et d'autre du Soleil, Mars en s'écartant de 16° $\frac{1}{2}$, la Terre de 11°, Vénus de 8°, Mercure de 4° $\frac{1}{4}$. Lorsqu'un de ces derniers corps passe entre Jupiter et le Soleil, il doit produire l'illusion d'un point noir ou d'une tache passagère sur son disque. De Jupiter, la Terre ne paraît avoir que 4″.

La distance de Jupiter au Soleil est 5 fois $\frac{1}{5}$ le rayon de l'écliptique, ou près de 125 mille rayons terrestres (180 millions de lieues). Le Soleil ne doit y être vu que sous un angle de 6′ au plus, le disque n'y doit paraître avoir que le 27e de l'aire que nous lui voyons, et la lumière, la chaleur doivent y être 27 fois moindres que sur la Terre.

Jupiter met environ 12 ans à parcourir son orbite entière (4332^{j}14^{h}2′), à très peu près 1° en 12 jours. Les oppositions reviennent tous les 399^j, la longitude augmentant chaque fois de 30°; en sorte que, dans un an, Jupiter a passé d'une constellation zodiacale dans celle qui est à la gauche; et qu'en près de 12 ans, on a eu 12 oppositions dans tous les points de l'orbite. L'astre s'écarte peu de l'écliptique, et l'inclinaison de son orbite sur ce plan n'est que de 1°18′51″,3.

Jupiter tourne sur un axe incliné de 86°54′30″ à l'écliptique; et puisque l'axe est presque perpendiculaire à son orbite, le Soleil s'écarte peu de son équateur, et la température y doit être à peu près invariable. Le temps de la rotation est de 9^{h}55′49″,7 de temps sidéral; la nuit a une durée à peu près égale au jour, dont le plus long est de 5^h seulement. Ce mouvement a été reconnu par l'observation des taches qui sont à sa surface; car cette planète a deux bandes parallèles à son équateur, et qui en sont très voisines. On en a même aperçu un plus grand nombre qui se rétrécissent, s'allongent et ensuite s'effacent, ce qui a fait supposer que ce sont autant de nuages que les vents transportent, avec différentes vitesses, dans une atmosphère très agitée.

Puisque le rayon de Jupiter est 11 fois (10,86) celui de la Terre, et que la rotation est 2,4 fois plus rapide que celle de notre globe, l'espace que décrit l'un des points de son équateur est 26 fois celui que parcourt le nôtre dans le même temps. La force centrifuge est donc 62 fois plus grande que pour la Terre; et si l'aplatissement de notre globe sous les pôles est dû au mouvement diurne, Jupiter devra présenter cet effet dans des dimensions plus fortes. Le diamètre de l'équateur est à celui du pôle :: 107 : 100; ainsi cette planète est en effet aplatie d'un 14ᵉ sous ses pôles, tandis que la Terre ne l'est que d'un 305ᵉ; ce qui s'accorde avec les lois de la force centrifuge, et est une nouvelle preuve de la vraisemblance de l'hypothèse que nous avons faite nᵒ 22, 2ᵒ. Plus exactement, le rapport des axes de Jupiter est 0,9272, et l'aplatissement est de 0,0728.

Jupiter ne présente pas le phénomène des phases, et nous en avons donné la raison (nᵒ 83). Il en est de même pour Saturne et Uranus, qui sont encore plus éloignés de nous que Jupiter.

85. Saturne ♄, à raison de sa distance, ne nous envoie qu'une lumière pâle et comme plombée, quoiqu'il soit soit 995 fois plus gros que la Terre ; son diamètre réel est de 28000 lieues; son diamètre apparent n'est que de 16″ à 20″. Le rayon de son orbite est 9 fois ½ celui de l'écliptique (328 millions de lieues); elle est inclinée de 2° 29′ 35″,7 sur ce plan. Saturne met près de 30 ans à parcourir cette courbe en entier (10759ʲ, ou 29 ans 5 mois 14 jours), environ 1° en 30ʲ; un signe en 900 jours ou 2 ans ½. Les oppositions reviennent après 1 an en 13 jours, et chaque fois la longitude augmente de 11° à 13°; en 29 ans, les oppositions ont accompli le tour entier de l'orbe.

Herschell a reconnu que Saturne a un mouvement de rotation d'occident en orient en $10^h\ 29'\ 16'',8$ de temps sidéral (M. Herschell n'a trouvé que $10^h\ 18'\ 0''$); d'où l'on peut conclure un aplatissement d'un 12ᵉ sous les pôles, ce que l'observation confirme. On voit aussi, à la surface, une série de bandes parallèles à son équateur. Le Soleil, vu de Saturne, doit offrir son disque sous une aire 80 fois moindre qu'à nous, et sous un angle d'environ

$3'\frac{1}{2}$. Sa chaleur, sa lumière sont donc 80 fois plus petites. On n'y peut distinguer aucune planète, si ce n'est Jupiter. De même, quelque planète placée entre Mercure et le Soleil nous est peut-être dérobée par l'éclat et la proximité de cet astre.

Si la conjonction de Saturne et Jupiter arrive à l'équinoxe ♈, environ 20 ans après, elle a lieu dans le signe du Sagittaire; 20 ans après encore, dans le signe du Lion; elle continue de se reproduire ainsi dans ces trois signes durant près de 200 ans; mais dans les 200 années qui suivent, la conjonction se fait de la même manière dans les trois signes du Taureau, du Capricorne et de la Vierge; et ainsi, d'après l'ordre suivant :

♈♐♌ : ♉♑♍ : ♊♒♎ : ♋♓♏ : ♈♐♌ : etc.

De là se compose une grande année dont chaque saison est de deux siècles (*voy.* n° 99).

86. L'*Anneau* de Saturne (fig. 23) est un corps opaque circulaire, large, mince et à peu près plan, qui le ceint par son milieu. D'abord il nous paraît sous la forme d'une ellipse qui s'aplatit de plus en plus, et qu'on cesse enfin de voir; seulement, à l'aide de forts télescopes, on en aperçoit la tranche, qui est une ligne lumineuse. Ces apparences sont visiblement l'effet des positions relatives de Saturne, du Soleil et de la Terre, et s'accordent très bien avec l'aspect d'un disque circulaire vu et éclairé de différentes manières. On en voit la surface si ce plan laisse du même côté le Soleil et la Terre; mais s'il passe entre eux, sa partie obscure est seule tournée vers nous, et il est invisible; l'ombre de l'anneau se projette sur la planète et y forme une bande obscure; Saturne porte aussi ombre sur l'anneau, ce qui prouve que ces deux corps sont opaques.

L'axe de rotation de Saturne est perpendiculaire à l'anneau, qui semble le prolongement de son équateur, et est incliné de 28° 6′ à l'écliptique : l'un et l'autre tournent dans le même temps ($10^h \frac{1}{2}$), ce qu'on reconnaît au déplacement des points brillants qu'on a observés à sa surface. Ce plan conserve toujours le parallélisme.

Pour concevoir les apparences qu'offre cet anneau, soient EDC (fig. 22) l'écliptique, $c'e'g'$ l'orbite de Saturne, 9 fois $\frac{1}{2}$ plus étendue, S le Soleil : la 1re courbe est décrite en 1 an, la 2e en près de 30 ans. Le plan de l'anneau conserve constamment le parallélisme, et il est clair que, pendant plusieurs années, ce plan prolongé ne rencontre pas l'écliptique CE; alors la Terre et le Soleil étant du même côté, nous avons l'aspect de la face éclairée sous la forme d'une ellipse. Mais par la progression lente de la planète de c' vers g', il arrivera que ce plan prolongé, tel que c'E, touchera l'écliptique, puis coupera ensuite cette courbe en des points D, T, C...; dans ce temps, la Terre décrit son orbite, et il est facile de voir qu'elle ne tardera pas à se trouver de l'autre côté du plan par rapport au Soleil; nous n'aurons alors que l'aspect de la face obscure; l'anneau disparaîtra et sera remplacé par une bande d'ombre projetée sur la planète; et si la lunette est très forte, on verra la tranche comme un trait lumineux. Quand le plan de l'anneau, tel que g'SG, passera par le Soleil, nous ne verrons de même que cette tranche, quelque part que nous soyons. La planète continuant sa marche, l'anneau coupera l'écliptique vers C, B, A..., enfin, atteindra le contact opposé, après avoir ainsi parcouru toute cette courbe. Saturne ne décrit qu'environ 12° $\frac{1}{2}$ de son orbite pendant le temps nécessaire pour passer ainsi d'un contact à l'autre. L'anneau prolongé forme toujours avec l'écliptique deux points opposés de section; et quand ces points ont ainsi parcouru l'écliptique et se sont joints en un seul, le plan continuant son mouvement, s'éloigne de cette orbite et cesse de la rencontrer, jusqu'à ce que, revenant vers elle, il la coupe de nouveau pour en parcourir les divers points par un mouvement dirigé en sens contraire. Quand nous nous trouvons d'un côté de cette ligne, nous voyons l'anneau sous la figure d'un ovale; et lorsque, par notre marche annuelle, nous revenons de l'autre côté, nous n'avons plus que l'aspect de la face obscure de l'anneau, qui cesse d'être aperçu.

Les retours de ces apparences forment une période d'à peu près 15 ans, avec quelques modifications dans les circonstances; l'anneau disparaîtra en 1848, 1862, 1878, 1891... C'est ainsi

qu'en 1828, nous avons vu la face australe; l'anneau a été invisible en 1833; on verra sa face boréale en 1838; il ne sera plus aperçu en 1847, et montrera sa face australe en 1855.

La largeur du plan de l'anneau ne peut être évaluée que par approximation; on la croit de 1″, ce qui, à cette distance, répond à 1500 lieues, épaisseur égale à celle de l'hémisphère terrestre. Cet anneau est isolé et laisse un espace central vide entre Saturne et lui : à travers ce vide, on a pu distinguer les petites étoiles qui sont au-delà ; la largeur de l'anneau est le tiers du diamètre de Saturne. A la distance moyenne, M. Struve a trouvé que le rayon de la planète est $Sc = 9'',0$, celui du cercle intérieur est $Sb = 13'',4$, celui du cercle extérieur est $Sa = 20'',1$. Le vide bc est égal à $4'',4$.

L'anneau est lui-même formé de deux anneaux concentriques détachés l'un de l'autre, qui tournent ensemble, quoique séparés par un vide qu'on y aperçoit, sous la forme d'une ligne noire et circulaire. Les nœuds de l'anneau, ou leur intersection avec l'écliptique, ont maintenant pour longitude 170° et 350°. La Terre passe à la partie boréale, au premier point, le 8 septembre, et à la face australe, au second, le 11 mars.

Voici les dimensions absolues que M. J. W. Herschell donne planète et à ses anneaux.

Diamètre extérieur de l'anneau extérieur..........	63880 lieues.
Diamètre intérieur du même....................	56223
Diamètre extérieur de l'anneau intérieur.........	54926
Diamètre intérieur du même....................	42488
Diamètre équatorial de la planète..............	28664
Intervalle entre la planète et l'anneau intérieur..	6912
Intervalle des deux anneaux...................	648
Épaisseur de l'anneau.........................	36

Si, comme on est fondé à le croire, les corps planétaires ont, dans l'origine, été à l'état gazeux, puis liquides, puis solides, sous l'influence d'une température variable; les molécules soumises à la force centrifuge due à leur mouvement de rotation, et à leur attraction mutuelle, ont pu ne pas se réunir, dans tous les cas, sous la forme d'un sphéroïde isolé

Laplace, dans sa *Mécanique céleste*, prouve par le calcul, qu'il est vraisemblable que les anneaux de Saturne sont des zones condensées, abandonnées par l'atmosphère de la planète. Cette explication de l'existence de ces singuliers corps sera mieux comprise lorsque nous aurons fait connaître l'opinion de ce savant illustre sur la cause qui a pu donner naissance aux corps célestes et particulièrement à ceux de notre système planétaire. Chaque anneau est une espèce de satellite, soutenu par la force centrifuge qui naît de sa rotation. (*Voy.* ce qui sera bientôt dit de l'attraction générale de la matière.)

87. Uranus ♅ est la planète la plus éloignée du Soleil, et n'est guère visible sans lunette. Son orbe environne les autres orbes; sa distance à cet astre est plus de 19 fois le rayon de l'écliptique (19, 1824 fois) ou plus de 660 millions de lieues. Il faut environ 84 ans à Uranus pour accomplir sa révolution entière. Le diamètre du Soleil doit n'y paraître que de 1′40″; la surface de cet astre y semble donc être 400 fois moindre qu'à nous. L'inclinaison de son orbite sur l'écliptique est de 46′28″,44, la plus petite de toutes. Son diamètre est d'environ 12000 lieues, et son volume à peu près 80 fois celui de la Terre : son diamètre apparent n'est que de 4″; aussi ne le distingue-t-on qu'à l'aide de lunette. *Herschell,* célèbre astronome anglais, fit, en 1781, la découverte de ce corps, qui porta d'abord son nom : il a doublé par là l'étendue de notre système planétaire. L'analogie porte à croire que cette planète est opaque et tourne sur un axe, quoique cette opinion ne soit fondée sur aucune preuve directe.

En comparant les distances des planètes au Soleil, Képler remarqua un saut brusque de Mars à Jupiter, et soupçonna l'existence d'une planète intermédiaire. Cette conjecture vient d'être vérifiée, et au lieu d'un corps, on en a trouvé quatre.

Cérès ⚳, découverte par *Piazzi,* le 1 janv. 1801, fait sa révolution en 4 ans $\frac{1}{2}$ (1681ʲ,3931); l'inclin. de son orbe est 10°37′26″,2; le demi-grand axe est 2 $\frac{3}{4}$ fois le rayon de l'écliptique (2,767245). Ce globe n'a que 67 lieues de diamètre; il offre l'ap-

parence d'une nébuleuse environnée de brouillards très variables.

Pallas ⚴, observée par *Olbers*, le 28 mars 1802, a presque la même distance solaire (2,772886). L'inclinaison de son orbite est de 34°34′55″, c.-à-d. plus grande que celle des autres orbites. Son volume est à peu près le même que celui de Cérès. Sa révolution sidérale se fait en 1686^j,5388 t. m.

Junon ⚵, trouvée en 1804 par *Harding*, a pour demi-grand axe 2,669009, et pour inclinaison 13°4′9″,7; elle fait sa révolution en 1592^j,66, et est un peu plus petite que Cérès.

Vesta ⚶, découverte en 1807 par *Olbers*; a son demi-grand axe = 2,36787; l'inclinaison de l'orbite est 7° 8′ 9″. Son volume n'est que le 15 millième de celui de la Terre, et sa surface à peu près celle de l'Espagne. C'est la plus petite et la plus brillante de ces quatre planètes. Sa révolution est de 1325^j,7431.

Les atmosphères de Mars, Jupiter et Saturne ne sont sensibles que par des observations très délicates; mais celles de Cérès et de Pallas sont développées sur une immense échelle. D'après les mesures de Schroëter, l'atmosphère de Cérès a 276 lieues de hauteur, et celle de Pallas 192 lieues. On n'en a trouvé aucune trace à Vesta.

On voulait refuser les noms de planètes à ces quatre corps, presque imperceptibles, et les appeler des *astéroïdes;* mais Mercure n'est pas plus petit par rapport à Jupiter, qu'ils ne le sont à l'égard de Mercure. Ils sont compris entre les orbes de Mars et de Jupiter, et à des distances presque égales du Soleil (57 mille à 66 mille rayons terrestres). Les durées des révolutions sont à peu près les mêmes, aussi bien que la ligne de section de ces orbites, qui va, d'une part, du 10e degré de latitude bor. et 187e degré de long., près ♁ de la constellation de la Vierge, au point qui, de l'autre part, est à 10° de lat. aust. et 7° de longit. dans la Baleine. Ces circonstances ont fait penser à Olbers que ces quatre corps pourraient être des fragments d'une seule planète qu'une explosion aurait brisée; hypothèse ingénieuse, qui a servi à découvrir Junon et Vesta, et qui a fait le sujet d'un

Mémoire de l'illustre Lagrange. Une explosion 20 fois plus forte que celle de la poudre à canon suffirait pour réduire en fragments un corps capable de produire un semblable résultat. Les nœuds devraient coïncider, si l'attraction de Jupiter ne s'opposait à cette condition. Du reste, les inclinaisons et les excentricités des orbites sont très différentes.

Le célèbre astronome Bode, en comparant les distances mutuelles des corps qui composent notre système planétaire, et considérant les quatre petites planètes comme n'en ayant formé autrefois qu'une seule, a remarqué une singulière relation entre ces distances, qui, pour n'être pas tout-à-fait exacte, ne mérite pas moins d'être signalée. Cette relation connue sous le nom de *loi de Bode*, consiste en ce que, si l'on partage en dix parties égales la distance moyenne de la Terre au Soleil, et qu'on prenne l'une de ces parties pour unité, afin de mesurer les autres distances, on trouvera que la distance du Soleil

à Mars est exprimée........	par	$4 = 4$
à Vénus....................	par	$7 = 4 + 1 \times 3$,
à la Terre.................	par	$10 = 4 + 2 \times 3$,
à Mars.....................	par	$16 = 4 + 4 \times 3$,
à Cérès, Pallas, etc.......	par	$28 = 4 + 8 \times 3$,
à Jupiter..................	par	$52 = 4 + 16 \times 3$,
à Saturne	par	$100 = 4 + 32 \times 3$,
à Uranus...................	par	$196 = 4 + 64 \times 3$,

en continuant toujours de doubler le multiplicateur de 3. Cette loi qu'on peut regarder comme fortuite, puisqu'elle n'a pas l'exactitude ordinaire aux effets naturels, peut servir à graver les distances dans la mémoire, et semble justifier les idées de Képler sur l'existence présumée d'une planète entre Mars et Jupiter, qui s'est si heureusement vérifiée. On peut même concevoir qu'il y a quelque autre planète invisible pour nous située au-delà d'Uranus, et dont la distance au Soleil serait $4+128 \times 3$, ou 388 fois notre unité, ou d'environ 1358 millions de lieues. On est même fondé à penser que nos onze planètes ne sont pas les seules qui forment notre système solaire, et qu'une multitude d'autres corps trop petits

pour être aperçus, circulent comme elles dans des orbites autour du Soleil. Cette opinion est justifiée par les phénomènes d'aérolithes et d'étoiles filantes qu'on observe si fréquemment et dont nous parlerons plus tard.

La figure 26 représente la disposition relative des sept planètes principales. Cependant il faut, par la pensée, y faire deux corrections : la première, aux rapports de dimensions des orbites qui n'y sont point observés ; la deuxième, qui provient de ce que ces corps ne se trouvent pas dans le même plan, leurs orbites étant d'ailleurs peu inclinées à l'écliptique.

Quelques comparaisons pourront donner des idées justes des relations de grosseur et de distance des planètes.

Le boulet de canon qui, comme on l'a dit page 40, parcourrait 420 toises par seconde, 663 lieues par heure, mettrait moins d'un jour pour aller du centre de la Terre à sa surface, 5 jours et demi pour arriver à la Lune, et 6 ans pour atteindre le Soleil, emploierait 9 ans pour aller de cet astre à Mars, 31 ans pour Jupiter, 56 ans et demi pour Saturne, enfin 114 ans pour Uranus.

Si l'on représente la Terre par un globe de 10 pouces de diamètre, comme sont ordinairement ceux dont on se sert dans les cabinets ; pour conserver les proportions, il faudrait que le Soleil fût figuré par un globe de 400 000 pieds cubes, ayant 90 pieds de diamètre, ou une épaisseur égale à peu près à la moitié de la hauteur des tours de Notre-Dame à Paris. Ce globe devrait être à 1700 toises de distance de celui qui représenterait la Terre, en sorte que l'enceinte de Paris ne suffirait pas pour renfermer l'orbite terrestre.

En ne donnant qu'un pouce de diamètre à la Terre, le Soleil aurait 9 pieds et serait distant de 1000 pieds ; Jupiter aurait 11 pouces, Saturne 10, Uranus 4 : Jupiter serait à 872 toises, Saturne à 1600, Uranus à 3200 ; en sorte que, du centre, il serait impossible d'apercevoir ce dernier, même avec une lunette.

On ne peut donc représenter le Soleil et les planètes sans altérer considérablement les rapports de dimensions et de dis-

tances : lorsqu'on voit des gravures ou des machines où ces corps sont figurés, il faut que l'esprit redresse ce genre d'erreur, pour n'y pas prendre une idée fausse de l'état réel des choses. Les fig. 24 et 25 sont destinées à donner l'image de ces rapports.

Selon M. Herschell, si le Soleil est représenté par un globe de 2 pieds de diamètre, Mercure sera figuré par un grain de moutarde; Vénus et la Terre seront grosses comme deux pois; Mars comme une tête de grosse épingle; Junon, Cérès, Pallas et Vesta seront des grains de sable; Jupiter et Saturne seront représentés par deux oranges, l'une moyenne, l'autre petite : Uranus le sera par une grosse cerise.

88. Le télescope montre Jupiter accompagné de quatre petits astres qui oscillent de part et d'autre, et le suivent dans son orbite, comme la Lune suit la Terre. Ces *Satellites* tournent uniformément autour de la planète dans des cercles très voisins, qui s'écartent à peine de son équateur. Tous les 437 jours, ils se retrouvent à la même position relative (le 4ᵉ n'y vient que $33^h\,47'$ plus tard). Un grand nombre d'observations a donc pu servir à composer des tables de leurs mouvements.

Souvent l'un de ces quatre satellites, placé à l'opposé du Soleil, disparaît et reparaît ensuite; on revoit quelquefois les deux plus éloignés reparaître du même côté où ils ont cessé d'être visibles. Ce sont donc des corps opaques qui s'éclipsent en passant dans le cône d'ombre de Jupiter. Ces apparences sont assez fréquentes. Le premier satellite s'éclipse toutes les $42^h\,28'\,48''$; les éclipses du second ne reviennent guère que toutes les $85^h\,18'$; celles du troisième tous les $7^j\,4^h$; enfin celles du quatrième tous les 17^j. L'éclipse arrive à chaque révolution, excepté pour le 4ᵉ satellite, qui est quelquefois trop loin de Jupiter pour entrer dans son ombre. L'inclinaison et l'excentricité de ce dernier surpassent celles des trois autres. La *Connaissance des Tems* donne l'heure précise de Paris où arrivent ces éclipses, d'après les périodes de leur retour.

Si le satellite est placé du côté du Soleil, c'est, au contraire,

lui qui passe devant Jupiter, et l'on doit, dans cette planète, avoir le spectacle d'une éclipse de Soleil. Son ombre se projette sur le disque de Jupiter sous la forme d'un point noir qui en décrit une corde, et c'est même ce qui prouve que la planète et ses satellites sont des corps opaques. La prompte rotation de la planète, la courte durée des révolutions de ces quatre Lunes, leurs phases, leurs fréquentes éclipses, etc., doivent amener une variété singulière dans les apparences.

Le mouvement des satellites a encore avec la Lune un trait de ressemblance; car chacun tourne autour de sa planète en lui présentant la même face, c.-à-d. fait un seul tour sur son axe pendant qu'il accomplit sa révolution entière : ce fait a été conclu du retour périodique des taches qu'on observe à leur surface. On s'est encore assuré de leur rotation par le moyen suivant. On a remarqué que, vus à la même distance, ils ne semblent pas briller du même éclat, et l'on a examiné si cet effet ne proviendrait pas de ce que le disque visible pour nous serait différent. En effet, si quelques taches diminuent, la quantité de la lumière réfléchie, le retour du *maximum* et du *minimum* d'éclat a pu servir à estimer l'époque où l'on a l'aspect des mêmes faces, et en combinant ces durées avec celles des révolutions autour de la planète, on est arrivé à reconnaître le fait énoncé.

Quant à la distance de Jupiter au Soleil, ou le rayon de son orbite, on ne peut guère le conclure de la parallaxe de Jupiter, qui est insensible, même lorsqu'il est le plus près de nous, car notre globe est à peine visible de cette planète. Nous la rapportons donc au même point du ciel de tous les lieux de la Terre, ou en d'autres termes, *elle n'a pas de parallaxe sensible*. Mais formons le triangle JST (fig. 27) qui joint les centres de Jupiter, du Soleil et de la Terre, ST et SJ sont les rayons des orbes des deux corps; l'un est donné, l'autre inconnu. L'angle T qui est à la Terre, est la mesure de la distance du Soleil à Jupiter qu'on peut observer. Si donc on trouve l'angle S, qui mesure la distance de la Terre à Jupiter, vus du Soleil, on connaîtra deux angles S et T du triangle et le côté compris ST, et l'on pourra calculer la distance SJ. Or, remarquons que le milieu de l'é-

clipse d'un satellite a, est l'instant où il est en opposition au Soleil sur la droite SJ, qui va du Soleil à Jupiter. Si donc on observait ce satellite du centre de la planète à cet instant, on aurait le lieu du ciel où ce centre serait vu du Soleil ; et comme il est aisé de déduire ce lieu du mouvement du satellite, il s'ensuit que le problème est résolu.

Saturne a sept satellites, dont six se meuvent à peu près dans le plan de l'anneau ; le septième s'en éloigne sensiblement, l'inclinaison de son orbe sur ce plan étant de 30°., et l'on a reconnu qu'il présente la même face à la planète. Les nœuds coïncident avec ceux de l'anneau, sans qu'on en sache la cause.

Uranus a deux satellites, et selon quelques astronomes, il en a 5 à 6, dont les orbites sont presque perpendiculaires à celle de la planète. Ces corps sont d'ailleurs très difficiles à observer. Nous verrons comment on mesure les distances de ces deux planètes au Soleil (n° 91).

89. La marche des planètes offre l'apparence de plusieurs irrégularités ; quoiqu'elle soit toujours dirigée de droite à gauche ou d'occident en orient, comme elle se combine avec notre mouvement annuel, elle nous semble quelquefois dirigée vers l'occident.

Considérons d'abord Vénus et Mercure, dont les orbes sont eg et FED (fig. 22), tandis que celle de la Terre est $c'e'g'$. Tant que Mercure est au-delà du Soleil S, en F, la Terre étant vers e', le mouvement est *direct* de F en G, c.-à-d. de droite à gauche, et *selon l'ordre des signes* ♈♉♊... Mais dans l'autre partie EDCB de son cours, où la planète est plus proche de nous que cet astre, elle marche de gauche à droite, de D vers C. Les points de stations séparent tous les changements de directions, et arrivent lorsque le rayon visuel dirigé à la planète est tangent à son orbite, parce que durant quelques jours elle décrit un élément de ce rayon. Ainsi quand elle parcourt l'arc E'E, la Terre étant en e', elle est alors dans son *élongation*. Le mouvement s'est ralenti de plus en plus à mesure que la planète s'est approchée du point de station ; puis il a paru changer de di-

rection. La plus grande vitesse apparente est, au contraire, lorsque la planète a repris la même longitude que le Soleil dans la conjonction inférieure : ces trois corps sont alors en ligne droite. On voit pourquoi nous avons dit, n° 80, que Mercure et Vénus accompagnent le ⊙ à la manière des satellites, faisant de simples excursions des deux côtés, visibles le soir à l'occident ou le matin à l'orient, tantôt directes, tantôt stationnaires et tantôt rétrogrades, quoique pour un spectateur placé dans le Soleil la marche ait lieu dans le même sens que nous.

La station et la rétrogradation ont pareillement lieu pour les planètes supérieures. Soit AFGD (fig. 22) l'écliptique, *egi* l'orbite de Jupiter, qui se meut de *e* vers *gi*..., la Terre court dans le même sens EDA, mais bien plus vite, puisqu'elle fait près de 12 tours entiers contre un seul de Jupiter. Si la Terre est en E' et Jupiter en *e*, le rayon visuel E'*e*, prolongé en *e'* jusqu'au firmament, donne le lieu apparent *e'* de la planète. Si donc le rayon visuel E'*ee'* est tangent à l'écliptique, la planète nous paraîtra stationnaire en *e'*, parce que la Terre décrit l'arc EE' dans la direction de ce rayon, tandis que la planète peut être considérée comme immobile.

Soient ED et *ed* deux arcs décrits en même temps, *ed* étant d'un nombre de degrés 12 fois moindre, la planète semble parcourir dans le ciel l'arc *e'd'* de gauche à droite. De même, lorsque la Terre arrive en T, Jupiter est en *t* à l'opposition, et semble être passé de *d'* en *t'*. Ainsi, quoique le mouvement de la planète ait lieu dans le même sens, il nous paraît dirigé en sens contraire, c'est-à-dire de *e'* en *d'*, *t'*,...

En C, le rayon visuel C*c* est de nouveau tangent à l'écliptique; la rétrogradation s'est continuée jusqu'en *c'*, où l'astre semble stationnaire; mais bientôt le rayon visuel B*bb'*, A*aa'*.... se rejette en sens contraire. Ainsi l'astre qui a paru passer de *e'* en *d'*, *c'*, revient de *c'* en *b'*, *a'*... La rétrogradation n'a donc lieu que vers l'époque où l'astre est en opposition. Elle est précédée et suivie des stations. Dans le reste de l'orbite, la marche est directe. Par ex., si la Terre passe de F en G, quand Jupiter est en *g*, nous lui voyons décrire l'arc céleste de *g''* en *g'*, ou le

supposant fixé en g, mais son mouvement propre augmente encore l'arc apparent.

Ainsi les deux stations arrivent un peu avant et après l'opposition, et la rétrogradation est dans l'intervalle : la marche se ralentit à mesure que la planète approche de ces deux points ; mais après cette excursion, elle reprend sa direction accoutumée. On voit donc qu'il n'y a réellement ni station, ni rétrogradation réelle, et que ce ne sont que des apparences produites par le mouvement de la Terre.

D'après cette exposition, on conçoit que l'étendue de l'arc de rétrogradation doit être d'autant moindre que la planète est plus éloignée de la Terre ; l'ellipticité des orbites doit donc faire varier quelque peu cet arc pour une même planète, puisque l'opposition arrive en divers lieux. Voici les limites de ces excursions et de leurs durées.

PLANÈTES.	ARC de rétrogradation.	DURÉE EN	DISTANCE du ⊙ à la station.	TEMS entre deux conjonct.
Mercore.	9°22′ à 15°44′	23j. 2h à 21j12h	14°49′ à 20°51′	116 joors.
Vénus...	14.35 à 17.12	40.21 à 43.12	27.40 à 29.41	584
Mars....	10. 6 à 19.35	60.18 à 80.15	128.44 à 146.37	780
Jupiter..	6.51 à 9.59	116.18 à 122.12	113.35 à 116.42	399
Saturne.	6.41 à 6.55	138.18 à 135. 9	107.25 à 110.46	378
Uranus..	3.36	151	103.30	370

Par ex., quand Jupiter, à droite du ⊙, se trouve à 115° environ de cet astre, la planète est stationnaire par rapport aux étoiles. Bientôt elle rétrograde vers l'ouest, et accélère peu à peu sa marche, qui conspire avec celle du Soleil dans l'écliptique pour écarter les deux astres : à l'opposition, la vitesse de Jupiter vers l'ouest est la plus grande ; il passe alors au méridien à minuit. Les deux marches continuant dans les mêmes directions, la planète se rapproche du Soleil du côté opposé ; et quand elle arrive à 115° à la gauche de cet astre, il y a une 2[e] station. La durée de la rétrogradation est de 4 mois, dans un arc de 10°

vers l'ouest : après quoi Jupiter reprend sa route vers l'est, et la conserve dans tout le reste de son cours.

90. L'observation attentive et raisonnée du mouvement des planètes a fait connaître que,

1°. *Les rayons vecteurs décrivent des aires proportionnelles aux temps;*

2°. *Les orbites sont des ellipses dont le Soleil occupe le foyer commun;*

3°. *Les carrés des temps des révolutions sont entre eux comme les cubes des grands axes des orbites.*

Ces trois faits sont connus sous le nom de *Lois de Képler*. Ce fut une inspiration du génie qui porta cet illustre astronome à comparer les dimensions des orbites et les temps des révolutions, et à admettre surtout dans ce calcul des carrés et des cubes. Nous avons indiqué (nº 36) comment on vérifie les deux premières lois pour la Terre : un moyen différent les a démontrées pour toutes les planètes. Nous supprimons ici un détail étranger à notre objet.

Quant à la troisième loi, elle résulte de la comparaison des valeurs numériques. Par ex., les temps des révolutions et les distances de Mars et de Vénus au Soleil sont :

Mars, Temps des révol.	686^j,9796.	Dist. 1,52369.
Vénus.	224,7008.	0,72333.

Qu'on fasse les carrés des temps et qu'on prenne leur quotient, on trouve 9,34714. On obtient ce même nombre pour le quotient des cubes des distances, du moins à une très petite différence près, qui provient de ce que nos quantités ne sont qu'approximatives, et que les erreurs sont agrandies par les multiplications.

Képler trouva en 1618 cette belle loi, dont la découverte le transporta au point, qu'il douta de l'exactitude de ses calculs. Qu'aurait-il éprouvé s'il eût prévu que cette loi serait l'origine d'une découverte plus générale et plus importante encore, faite par Newton, 50 ans après, la théorie de l'*attraction?* Ces trois

lois une fois reconnues, on doit les regarder comme plus exactes que les observations dont on les a déduites. Ainsi, au lieu de recourir à l'observation seule, qui est sujette à quelques erreurs, il est préférable de tirer les distances de cette troisième loi.

En effet, on peut mesurer avec une grande précision les temps qu'emploie une planète à revenir à son nœud ; il suffit, pour en tirer sa distance au Soleil, de comparer cette planète à une autre, et de poser cette proportion : *les racines cubiques des carrés des temps des révolutions des deux planètes, sont entre elles comme la distance de la première planète au Soleil est à la distance de la deuxième.* Les lois de Képler font l'admiration des géomètres, et sont le plus heureux exemple de l'art d'observer les faits et de les lier entre eux ; elles servent de base à l'Astronomie, parce qu'elles unissent tous les mouvements planétaires par un principe commun. Remarquons que si l'on supposait le Soleil et les planètes en mouvement autour de la Terre immobile, on ne trouverait plus aucun rapport commun entre leurs vitesses et leurs distances : tandis que dans le cas contraire, la Terre se trouve, comme les planètes, soumise aux lois de Képler. Voilà donc une nouvelle preuve de son mouvement, jointe à tant d'autres déjà acquises.

Les satellites de Jupiter, de Saturne et d'Uranus obéissent à ces lois dans leurs révolutions autour de leur planète ; la Lune y est pareillement soumise (n° 96). Ces théorèmes forment donc le code qui régit tous les mouvements de l'univers.

91. On nomme *Éléments des orbites des planètes*, le petit nombre de données nécessaires pour déterminer la situation de ces corps à un instant quelconque. Ces éléments sont au nombre de sept : deux déterminent la situation absolue de l'orbite, ce sont la position de la ligne des nœuds et l'inclinaison de son plan sur l'écliptique ; les cinq autres éléments se rapportent au mouvement dans l'orbite même, et sont, 1°. le temps de la révolution entière ; 2°. la moyenne distance au Soleil ou le demi-grand axe ; 3°. l'excentricité ; 4°. la situation d'un des sommets de l'ellipse (le périhélie) ; 5°. enfin le lieu de la

planète dans son orbite à une époque donnée. On sent, en effet, qu'avec ces conditions, et d'après les lois générales du mouvement des corps célestes, on pourra assigner à chaque planète la place qu'elle occupe dans l'espace à un instant déterminé.

Nous donnons à la fin de l'ouvrage, en six Tableaux, les valeurs numériques relatives aux planètes et à leurs mouvements, avec le degré de précision que comporte la perfection actuelle de la théorie et des observations. Nous y avons développé les conséquences de ceux de ces éléments dont l'importance nous a paru plus grande, eu égard au but de cet ouvrage. Ces tableaux donnent le lieu moyen des planètes à un instant désigné, à l'aide d'un calcul semblable à celui que nous avons fait pour le Soleil et la Lune (nos 41 et 89).

Par ex., on demande la longitude moyenne de Jupiter le 1er janvier 1829. Je sais qu'au 1er janvier 1801 cet arc est de 112°,21, et que la durée de la révolution est de 4332j,6; je fais cette proportion, qui fait connaître l'arc moyen décrit en 28 années :

Si 4332j,6 donnent 360°, combien 28 fois 365j,25 donnent-ils?

Je trouve 849°,77, qui, ajoutés à 112°,21, fait la somme 961°,98, c'est-à-dire deux révolutions entières et 241°,98. On a donc : long. moy. ♃ = 242°,54, ou environ 8 signes. On peut aisément trouver la latitude, les nœuds, l'asc. dr., la décl., etc., et l'on corrige ensuite ces résultats moyens, qui supposent l'astre vu du Soleil, et animé d'un mouvement circulaire et uniforme. C'est ainsi que se forment les valeurs indiquées dans la *Conn. des Tems* de chaque année, afin d'épargner aux marins et aux astronomes l'ennui de ces calculs; mais ce que nous en disons ici suffit pour trouver à peu de chose près le lieu de chaque planète sur la voûte céleste. Pour faciliter ces recherches, nous donnerons ici ce lieu pour le 1er janvier 1830, date qu'on prendra pour point de départ, plus commode que l'an 1801.

Lieu moyen des planètes dans leurs orbites, le 1er janvier 1830.

Mercure,	295° ou 9s 25°	Jupiter,	273°	ou	9s 3°
Vénus,	61 ou 2. 1	Saturne,	130	ou	4.10
Mars,	206 ou 6.26	Uranus,	302	ou	10. 2

La position sans cesse variable des planètes relativement aux étoiles fixes, présente des particularités quelquefois dignes de remarque. Tantôt elles sont éclipsées l'une par l'autre, ou par la Lune; tantôt elles occultent des étoiles, ou se placent près d'elles sous certaines configurations. Le 17 mai 1737, Mercure fut caché par Vénus près de leur conjonction inférieure; le 9 janvier 1591, Mars passa sur Jupiter; le 30 octobre 1825, la Lune a occulté Saturne, etc. En comparant la position des orbites et leur étendue, on conçoit qu'aucune planète ne peut passer devant la Lune; que Saturne ne peut occulter Jupiter, ni celui-ci Mars, et que Mercure et Vénus peuvent seuls traverser le disque solaire.

La réunion de plusieurs planètes en un même lieu du ciel, qu'on a nommée *conjonction*, offre aussi un spectacle assez curieux. Le P. Martini rapporte que, plus de 2500 ans avant notre ère, on a observé en Chine, sous l'empereur Tcheoun-Hio, une conjonction de cinq grandes planètes. Le 15 septembre 1186, on en vit une semblable entre l'épi de la Vierge et α de la Balance, dont l'Astrologie présagea de grands désastres; mais l'événement n'a pas justifié cette prédiction. Laplace a corrigé les mouvements séculaires de Jupiter et de Saturne, en se servant d'une conjonction de ces planètes observée dans la Vierge par Ibn-Junis, le 30 octobre 1007. On a remarqué que le 3 octobre 1801, le canon annonçait à Paris le retour de la paix, en même temps qu'au ciel on voyait la Lune, Vénus, Jupiter et Saturne réunis près le cœur du Lion.

Du reste, ces conjonctions approchées sont assez rares, et Lalande a calculé que 17 mille millions d'années séparaient les époques des conjonctions des six grandes planètes ensemble, en n'ayant pas même égard aux heures. Képler ayant remarqué

que l'an 748 de Rome, 40e de l'ère Julienne, Jupiter, Mars et Saturne étaient dans les Poissons en février et mars, et qu'en mars, avril et mai Vénus et Mercure étaient en conjonction avec le Soleil, se crut autorisé à rapporter à cette année la naissance de J.-C.

92. Nous sommes sans doute condamnés à ignorer long-temps la cause du mouvement imprimé aux planètes. En considérant que ces corps se meuvent tous d'occident en orient, aussi bien dans leurs orbites que sur leur axe de rotation; qu'il en est de même de leurs satellites; enfin, que les planètes s'écartent peu de l'écliptique, M. de Laplace a calculé qu'*il y a plus de 137 milliards à parier contre un, que les mouvemens des planètes et de leurs satellites ne sont pas l'effet du hasard, et qu'ils ont été produits par une cause commune.* Il n'y a aucun fait historique, même parmi ceux qu'on regarde comme le mieux constatés, qui soit aussi probable que ce fait physique. Il faut donc accorder qu'il existe une cause originaire qui a lancé toutes les planètes dans l'espace, sans qu'on en puisse assigner ni l'époque, ni la nature; mais on peut, par les lois de Képler, remonter à celle qui a changé cette impulsion en un mouvement de révolution périodique, et c'est ce qui nous reste à exposer.

Gravitation universelle, Pesanteur, Précession, Nutation, Marées, etc.

93. Si une impulsion agit sur un corps que n'arrête aucune résistance, que n'anime aucune autre force, le mouvement sera éternel, uniforme et rectiligne, c'est-à-dire que le corps décrira une droite indéfinie avec une vitesse constante. Cette vérité n'étonne que ceux qui ignorent les éléments de la Mécanique. Environnés par mille causes qui modifient les mouvements que nous imprimons, nous nous habituons à regarder ces causes comme inséparables du mouvement, et nous avons peine à

nous soumettre aux abstractions qui rendent à la matière son inertie. La pesanteur, qui ramène tous les projectiles vers la Terre, en accélérant leur chute; l'air, qui résiste au mouvement dans tous les sens et diminue la vitesse, sont des obstacles qui pourraient ne pas exister. L'action de ces puissances, lorsqu'elle a lieu, doit être examinée à part et soumise aux lois qui lui sont propres.

Si donc les planètes circulent dans les ellipses, ces corps ne peuvent être mus de la sorte en vertu d'une impulsion unique; il faut qu'une puissance soit sans cesse en activité pour les écarter de la direction rectiligne et les ramener vers le Soleil, dont elles s'éloigneraient à toute distance, sans cette cause qui balance leur force centrifuge. Mais quelle est cette puissance? La Mécanique, qui apprend à déterminer le mouvement qu'impriment à un corps des forces connues, enseigne aussi à trouver réciproquement les forces qui sont capables de produire un mouvement donné : c'est le cas actuel. Le mouvement des planètes est connu avec exactitude, et les lois de Képler (nº 90) en sont l'expression. Interrogeons donc cette science pour parvenir à déterminer la force qui retient les corps célestes dans leurs orbites.

Par la première de ces lois, les aires décrites par le rayon vecteur sont proportionnelles aux temps : la Mécanique nous permet d'en conclure que *les planètes sont soumises à l'action d'une force qui les pousse sans cesse vers le Soleil.*

Par la deuxième, les orbites sont elliptiques; on en infère que *cette force croît en raison inverse du carré des distances.*

Par la troisième, enfin, on compare les temps des révolutions aux grands axes des orbites; et il s'ensuit que cette force a la même intensité pour toutes les planètes supposées à égales distances du Soleil; c'est-à-dire que si cette puissance agissait seule sur toutes, à cette distance, elles se précipiteraient vers cet astre avec la même vitesse, quoique ayant des masses très différentes. Ceci revient à dire que cette force animerait également chaque particule matérielle de ces corps; une masse

double recevrait une impulsion double pour acquérir la même vitesse. *Cette force est donc proportionnelle à la masse.*

Ainsi les planètes, outre l'impulsion primitive qu'elles ont reçue, sont encore portées vers le Soleil, à chaque instant, par *une puissance centrale proportionnelle à leur masse, et qui croît en raison inverse du carré de la distance;* précisément comme si le Soleil était le centre d'une *attraction* indéfinie dans tous les sens, dont l'intensité agirait *en raison directe des masses et inverse du carré des distances.* La cause de cette puissance, la manière dont son action se transmet, nous sont entièrement inconnues; mais nous pouvons renoncer sans regret à la comprendre et à la définir, puisque ses lois nous importent seules, et que, par la dénomination d'*attraction* que nous lui avons imposée, on ne doit entendre que l'expression du fait même dont nous venons de reconnaître l'existence.

94. Les calculs sur lesquels sont établies ces conséquences des lois de Képler, sont du domaine de l'Algèbre; ils passent les bornes que nous nous sommes imposées, et nous renverrons à ce sujet à notre *Mécanique*, n° 117. Cependant, pour lever tous les doutes, nous donnerons quelques éclaircissements tenant lieu de démonstration, pour faire concevoir l'existence de la force attractive.

Soit en M (fig. 28) un mobile qui décrit uniformément la droite MB; imaginons qu'arrivé en A il reçoive un choc qui le porte vers S, en sorte qu'il soit animé de deux forces, l'une selon AA', résultat de son mouvement actuel, l'autre selon AS, produite par un choc. On sait, par les principes de la Dynamique, que ce mobile prendra une route AC intermédiaire, qu'on détermine par cette construction : prenez les parties AB et AP telles que, si le mobile n'eût été sollicité que par l'une ou l'autre impulsion, il eût décrit ces parties dans des temps égaux; achevez le parallélogramme ABCP; le mobile, par l'action simultanée des deux forces, décrira la diagonale AC et parviendra en C dans le même temps qu'il eût employé pour arriver en B, ou en P.

Le mobile décrira donc uniformément la droite AD avec la vitesse AC; mais si en C une nouvelle impulsion le pousse sur S, le mouvement changera encore, et un 2[e] parallélogramme DQ donne la direction CE et la vitesse; une 3[e] impulsion ER produit un 3[e] changement, et le mobile décrit EF, et ainsi de suite. Le corps parcourra donc un polygone MACEFG..., en vertu d'une impulsion primitive, modifiée par une suite d'impulsions dirigées vers le centre fixe S, et exercées à des intervalles de temps égaux.

Les triangles CDS, CES, ayant même base CS et même hauteur, sont équivalents; il en est de même des triangles ACS, CSD, puisque la vitesse CD a été prise = AC, et que le sommet S est commun : donc le triangle ACS = CSE. Il faut donc en conclure que les aires ACS, CSE, ESF..., décrites par le rayon vecteur, sont égales, quelle que soit d'ailleurs l'intensité de ces impulsions centrales. Supposons maintenant qu'elles agissent à des temps plus rapprochés, le polygone prendra des côtés plus petits et plus nombreux. Lorsque l'attraction s'exerce continuellement, on est conduit, conformément à la première loi de Képler, à la notion du mouvement curviligne.

Que les forces centrales cessent tout à coup leur action, le mobile décrira, avec une vitesse constante, le prolongement indéfini du dernier côté du polygone. Ainsi, à l'instant même où la force attractive serait détruite, le corps *s'échapperait par la tangente*, en reprenant le mouvement rectiligne et uniforme.

Quant à la distance AS, CS, ES..., du mobile au centre S (fig. 28), après chaque unité de temps, elle dépend de l'intensité des impulsions successives représentées par AP, CQ, ER.... : c'est ce qu'il faut développer. Si les distances au point S demeurent égales, les triangles ASC, CSE.... étant isoscèles et égaux, auront des bases égales, puisque le sommet S est commun. La vitesse se conservera donc la même, et le corps, mû uniformément, arrivera en A, C, E..., se retrouvant toujours dans le même état par rapport au point S. Les impulsions AP,

CQ, ER.... seront donc égales. Ainsi, lorsque ces forces centrales agiront d'une manière continue, le mouvement sera circulaire et uniforme.

Lorsque les deux puissances AB et AP croissent proportionnellement, la direction AC du mouvement demeure la même, parce que la diagonale du nouveau parallélogramme coïncide avec AC: la vitesse croît alors dans le même rapport que les forces et conserve sa direction. Si l'une des forces croît seule, ou dans un plus grand rapport que l'autre, la direction du mouvement doit visiblement se rapprocher de la première. On conçoit donc que les intensités des impulsions successives peuvent varier de manière à forcer le mobile à s'approcher ou s'éloigner de plus en plus du point S. Alors le mouvement ne sera ni circulaire, ni uniforme.

Supposons que la force centrale devienne plus grande à mesure que les distances AS, CS... diminuent; les côtés AC, CE... s'approcheront de S, et la vitesse augmentera de plus en plus; mais puisqu'elle acquiert plus de rapidité, les deux côtés du parallélogramme croissent ensemble; et lorsque arrivés au périhélie F, le rayon vecteur SF est perpendiculaire au mouvement FG, la tendance à s'éloigner du centre S l'emportera sur l'attraction, parce que la vitesse aura crû dans un plus grand rapport que la force centrale; la diagonale FG se rapprochera du côté extérieur, et le mobile s'éloignera de S. C'est donc en F, où le mouvement est perpendiculaire à SF, que la vitesse est la plus grande, et la distance moindre: le corps commence ensuite à s'éloigner et à se ralentir. Ces effets ont ensuite lieu en sens inverse et se continuent jusqu'à l'aphélie, où la vitesse atteint son *minimum*, et où l'attraction, quoique la plus petite, devient cependant prépondérante. Le rayon vecteur opposé à SF est de nouveau perpendiculaire au mouvement; le mobile commence à se rapprocher et à accélérer sa vitesse.

98. On conçoit maintenant pourquoi les planètes se rapprochent et s'éloignent du Soleil, quoique l'attraction semble devoir les précipiter sur cet astre. Elles tendent, il est vrai, à

s'en approcher par la gravitation, mais leur mouvement de projection tend à les en éloigner. Lorsqu'une planète est parvenue à son périhélie, l'attraction atteint son *maximum*; mais à mesure qu'elle s'est approchée, la vitesse s'est accrue, et en ce point cette vitesse est devenue assez grande pour l'emporter sur l'attraction : c'est du moins ce qu'on démontre par l'analyse. Le Soleil attire donc davantage précisément quand la vitesse est plus grande et la distance moindre; mais la force centrifuge augmente plus par la vitesse acquise, ce qui tend à éloigner la planète. Par cette raison, l'éloignement continue jusqu'à l'aphélie, où la vitesse est réduite à son *minimum*, aussi bien que l'attraction; mais celle-ci devient à son tour prépondérante; par la même raison qui l'avait rendue la plus forte au périhélie.

Cette propriété d'attirer les corps appartient également aux planètes, puisque la réaction est égale et contraire à l'action; ainsi elles attirent le Soleil autant que le Soleil les attire. En outre, celles qui ont des satellites attirent ceux-ci suivant le même principe, puisque le mouvement de ces Lunes est réglé par les mêmes lois. Ainsi cette attraction s'étend à tous les corps planétaires. Nous voilà donc arrivés, sans le secours d'aucune supposition, et par l'examen raisonné du mouvement des planètes, à cette loi générale que le grand Newton a découverte: *Tous les corps célestes s'attirent dans l'espace en raison directe des masses, et réciproquement au carré de leur distance.*

96. La pesanteur n'est même qu'un cas particulier de ce théorème; elle est une attraction que la Terre exerce sur tous les corps, et qui embrasse la Lune dans sa sphère d'activité. Un projectile lancé avec force horizontalement et d'un sommet élevé, va retomber au loin sur la Terre; il s'éloignerait davantage, si l'impulsion était plus grande. En la supposant d'environ 1200 toises par seconde, abstraction faite de la résistance de l'air, le projectile ne retomberait plus; circulant perpétuellement dans l'espace, il deviendrait un satellite de la Terre. Plus on s'éloigne de ce globe, plus son attraction diminue. Pour

concevoir que la Lune soit un semblable projectile, il ne faut que lui donner l'impulsion ci-dessus, après avoir porté ce corps à la région lunaire. Ce qui démontre cette assertion, c'est qu'elle supporte l'épreuve du calcul.

En effet, la Lune en s'avançant dans son orbite CEF (fig. 28), s'éloigne à chaque instant de la tangente CC', EE'.... La force attractive qui l'écarte de cette tangente, la porte vers la Terre S de la quantité DE ou CQ : c'est la hauteur dont la Lune tombe vers nous, et qui équivaut (*) à 15^{pi} par minute (15^{pi},098), précisément égale à celle dont les corps graves tombent ici-bas dans une seconde. Voyons maintenant si ces deux effets peuvent être rapportés à une cause unique, c.-à-d. si l'attraction terrestre agissant sur la Lune doit la faire tomber de 15^{pi} par minute.

L'intensité de cette force diminuant comme le carré de la distance augmente, à la hauteur de 60 rayons terrestres, elle doit être 3600 fois moindre, c.-à-d. qu'ici l'attraction est 3600 fois celle que la Lune éprouve. Mais on sait que la pesanteur

---

(*) Nous savons (n° 52) que la Lune met 27^{j},322 à accomplir sa révolution; le rayon de son orbe est 60 fois celui de notre globe. En multipliant 60 par 2 fois 3 et $\frac{1}{7}$, on a 377 ray. terr. pour la circonférence décrite; divisant par 27^{j},322, on trouve que la Lune parcourt chaque jour 13,8 rayons. Multiplions par 1433 pour réduire en lieues, et divisons par 1440 (nombre de minutes en 24^{h}), il vient 13,73 lieues, pour l'espace moyen CE que décrit la Lune chaque minute (fig. 28). Cet espace n'est que le 40 millième du cercle entier, et peut être considéré comme égal à sa corde, qu'on sait être moyenne prop. entre le diamètre entier et le segment CQ. Faisons donc le carré de 13,73 et divisons par le diamètre (120 fois 1433 lieues), nous avons 0,0011 lieue = CQ. La quantité dont la Lune tombe vers nous est 1', est les 11 dix-millièmes d'une lieue. Réduisons en pieds en multipliant par 2280 fois 6, il vient à peu près 15^{pi}. Cet effet est en partie dû à l'action solaire sur la Lune, qui est dirigée en sens opposé à celle de la Terre. Pour avoir cette dernière, il faut augmenter l'espace 15^{pi} de ce dont l'action solaire l'a diminué. Le résultat, dû aux attractions réciproques de la Terre et de la Lune, doit être partagé en raison des masses. Ce calcul de diminution d'une part et d'augmentation de l'autre laisse à peu près le résultat ce qu'il était, ou environ 15^{pi}.

fait tomber les corps d'une hauteur quadruple dans un temps double, d'après la nature des mouvements uniformément accélérés; ainsi l'espace décrit dans la chûte doit, sur la Terre, être 3600 fois plus grand dans une minute que dans une seconde, qui en est la 60ᵉ partie. Cet espace est donc 3600 fois son correspondant dans la région lunaire; il est ici de 15^{pi} par seconde : donc là il sera de 15^{pi} par minute ; ce qu'il s'agissait de reconnaître.

97. C'est par la même raison qu'en s'élevant sur de hautes montagnes, la gravité décroît plus que ne l'exigerait le simple accroissement de la force centrifuge (page 47, 1°.). Si le globe lunaire a été originairement fluide, supposition déjà admise pour les planètes et pour la Terre, ce fluide a dû prendre la figure d'un globe que l'attraction terrestre a allongé dans les deux sens opposés, sous la forme d'une sorte d'ellipsoïde; mais le calcul apprend que la face qui est tournée vers nous a dû être 4 fois plus allongée que l'autre. La Lune est donc un sphéroïde irrégulier, et par l'excès de poids, l'hémisphère qui nous regarde a dû retomber sans cesse de notre côté. Telle est l'explication que donne Lagrange de l'action qui ramène vers nous la même face lunaire, et probablement la même chose doit arriver aux satellites de Jupiter et de Saturne. Ces intéressants résultats, dus au génie de cet illustre géomètre, sont confirmés par les observations de la libration de la Lune.

98. Il se présente une objection importante au principe de la *gravitation universelle*. Les planètes doivent être mutuellement soumises à une action réciproque qui les écarte un peu du mouvement elliptique, qu'elles suivraient exactement si l'attraction solaire existait seule. Les satellites doivent être troublés dans leur mouvement autour de leur planète, par leurs réactions mutuelles et par la présence du Soleil. On conçoit bien que la grande distance de cet astre doit affaiblir beaucoup l'effet de son action; mais sa masse immense doit pourtant avoir une influence marquée, selon que le satellite est plus ou moins éloigné du Soleil.

Cette objection, loin d'infirmer notre principe, le démontre au contraire d'une manière éclatante, parce qu'elle explique les inégalités que nous observons. En effet, les mouvements ne sont qu'à peu près soumis aux lois de Képler, et l'on y reconnaît de légères inégalités lorsqu'on descend dans le détail précis des phénomènes. C'est ici le triomphe de la doctrine de l'attraction, parce qu'elle permet de calculer tous les événements et de prévoir jusqu'aux plus légères *perturbations*, en nous donnant le secret de tous ces petits écarts. L'exactitude du principe atteint et détermine les plus faibles irrégularités, et s'accorde à un tel point avec les faits, que lorsque le résultat du calcul ne s'est pas trouvé parfaitement conforme aux observations, on en a conclu que l'erreur provenait de l'omission de quelque circonstance dont on avait négligé l'influence ; et en effet, une plus grande attention faisait bientôt reconnaître la vérité de cette conséquence.

Les *inégalités* se rangent en deux classes : les unes affectent les éléments du mouvement elliptique, qui varient avec une extrême lenteur ; on les a nommées *inégalités séculaires*. Les autres dépendent de la situation mutuelle des diverses planètes, et se rétablissent toutes les fois que ces positions redeviennent les mêmes : ce sont les *inégalités périodiques*. Ces deux effets sont périodiques l'un et l'autre; mais les premiers ont une période qui s'étend à plusieurs milliers d'années, et ne dépendent nullement des dispositions relatives des planètes; les seconds sont bien moins lents.

Comme les perturbations sont resserrées dans des limites peu étendues, on a coutume de rechercher seulement la quantité dont elles écartent l'astre d'une ellipse dont on fait varier les éléments par nuances insensibles, selon la loi des inégalités séculaires. Comme ces écarts sont presque insensibles, et que d'ailleurs ils se reproduisent tour à tour en sens contraire et se font compensation, il est aussi naturel que commode, pour les calculs, de les négliger d'abord et d'y avoir ensuite égard séparément. Les astronomes se représentent la planète comme oscillant très près d'un corps fictif qui serait mû régulièrement

sur cette ellipse ; et les écarts sont le résultat des inégalités périodiques. Les séculaires, quoique altérant à la longue le mouvement, *ne changent cependant jamais ni le grand axe de l'orbite, ni le moyen mouvement;* mais les ellipses s'approchent ou s'éloignent de la forme circulaire ; leurs inclinaisons sur l'écliptique varient, les nœuds et les périhélies sont en mouvement. Les astronomes considèrent donc les inégalités séculaires comme des causes de variations graduelles des éléments elliptiques qui s'ajoutent très lentement pour modifier les dimensions et la situation des orbites, et pour chaque instant de la durée, ils considèrent l'astre comme parcourant cette ellipse dans son état actuel.

Par cela seul que les planètes se meuvent dans le même sens, que les orbes sont peu excentriques et peu inclinés, le calcul démontre que les changemens ne sont pas susceptibles de toutes les grandeurs. Les inégalités séculaires sont périodiques et comprises dans d'étroites limites, et les oscillations autour de l'état moyen sont très faibles. Les ellipses ont donc toujours été presque circulaires et le seront à jamais. L'écliptique et l'équateur varient d'inclinaison ; mais la coïncidence de ces plans est impossible dans le passé comme dans l'avenir : le calcul prouve même que la variation de l'angle ne peut dépasser 2° 42′, savoir 1° 21′ au plus dans un sens, et autant en sens contraire ; c'est du moins ce que prouve le calcul.

99. Ces divers sujets ont exercé les plus illustres géomètres ; plusieurs ont renoncé à des calculs compliqués où il est bien difficile de faire entrer toutes les causes d'altération. Euler lui-même était arrivé à des conséquences contraires aux faits observés. C'est Laplace qui a fait voir que toutes les inégalités sont périodiques et très limitées, quoique dans une durée presque infinie ; il a prouvé que le mouvement de Saturne se ralentit quand celui de Jupiter s'accélère, et réciproquement. Cinq fois le moyen mouvement de Saturne est à peu près deux fois celui de Jupiter (le premier est de 2′,007 par jour, le second de 4′,986). C'est en 1790 que ces deux planètes avaient leur moyen

mouvement. Avant cette époque, Saturne éprouvait un ralentissement et Jupiter une accélération : depuis, c'est le contraire. La période est de 917 ans $\frac{3}{4}$. (*Voy.* n° 38.).

Loin de contrarier la loi de l'attraction, les inégalités des mouvements planétaires servent donc de preuve frappante à cette loi. Tel a été le sort de cette brillante découverte, dit Laplace, que chaque difficulté qui s'est élevée a été pour elle le sujet d'un nouveau triomphe, ce qui est le plus sûr caractère du vrai système de la nature. Le calcul met hors de doute cette doctrine; mais les bornes de ce Traité s'opposent à ce que nous recourions à une aussi délicate épreuve. Contentons-nous donc d'observer la marche des inégalités dans les actions réciproques du Soleil, de la Terre et de la Lune, dont les effets sont pour nous si remarquables et si importans.

100. La Lune est livrée à l'action combinée de la Terre et du Soleil. Si celui-ci était à une distance infinie, son attraction sur la Lune et sur notre globe serait égale, et leurs mouvements relatifs ne seraient nullement troublés par cette action commune; la Lune décrirait une ellipse dont la Terre occuperait le foyer; mais bien que le Soleil soit très éloigné, lorsque la Lune est en conjonction, elle en est plus proche que nous et plus fortement attirée de $\frac{1}{203}$, ce qui doit l'éloigner de la Terre. Dans les oppositions, c'est la Terre qui s'éloigne de la Lune par la même raison.

Le Soleil S (fig. 29) attire la Lune L, qui se meut dans son orbite de L en K, D,... Décomposons cette attraction LM en deux forces, l'une LI, parallèle à TS, et égale à l'action qu'éprouve la Terre T ; l'autre LA sera donnée en achevant le parallélogramme IA, dans lequel LM et LI sont les actions du Soleil sur la Lune et sur la Terre. Dans la fig. 29, LM surpasse LI; mais il en peut être autrement, selon que la Lune L occupe tel ou tel lieu dans son orbe.

Comme la composante LI est commune en grandeur et en direction à la Lune et à la Terre, les mouvements relatifs n'en

sont pas troublés C'est en vertu de cette puissance LI que la Terre décrit son ellipse, la Lune l'accompagnant partout; l'ellipse lunaire est alors l'effet de l'action terrestre considérée seule. Il ne reste donc que la *force perturbatrice* LA, qui va modifier ce dernier mouvement. Décomposons-la en deux autres LC et LB : l'une LC tangente à l'orbite, l'autre BL selon le rayon TL. Ces puissances sont déterminées par un nouveau parallélogramme BACL : elles changent, l'une LC la vitesse de la Lune, l'autre BL sa pesanteur vers la Terre; l'orbite est donc altérée par ces deux causes, qui se combinent avec l'attraction terrestre.

Dans la position où la Lune se trouve dans notre figure, l'attraction LM du Soleil sur ce satellite est plus grande que sur la Terre; les composantes de la force perturbatrice diminuent la vitesse de la Lune et sa pesanteur; et comme l'orbite dépend de ces deux causes (nº 94), elles conspirent à altérer cette courbe. Si l'on place la Lune en un autre point de son orbe, la figure recevra une autre disposition, et l'on verra que, tantôt la vitesse de la Lune, tantôt sa pesanteur vers nous, seront au contraire augmentées.

En plaçant successivement la Lune en divers points, on reconnaît, par une construction et un raisonnement semblables, que la vitesse est diminuée en passant de la syzygie E à la quadrature K; qu'elle s'accélère, au contraire, en allant de la quadrature K à la syzygie D. Passé l'opposition en D, la vitesse diminue jusqu'à la quadrature H, puis s'accroît de ce point à la conjonction E. La force perturbatrice LA est à son *maximum* dans les syzygies où elle n'éprouve pas la décomposition LBAC ; cette force LA est à son *minimum* dans les quadratures, et le calcul montre qu'elle n'est que la moitié de celle qui a lieu dans les syzygies. On ne doit donc pas être surpris que le rayon vecteur de la Lune ne décrive des aires proportionnelles aux temps qu'aux syzygies et aux quadratures, et que la courbure de l'orbite soit plus forte dans le premier cas que dans le second.

La vitesse lunaire, qui s'était graduellement accrue depuis H jusqu'à la conjonction E, où elle est au *maximum*, commence

à diminuer lorsque l'astre procède de E vers K; mais elle demeure plus grande que la vitesse moyenne, jusqu'à ce que l'arc EL ait 45°: alors l'astre a la vitesse moyenne; mais la diminution continuant ensuite, la vitesse devient moindre que la moyenne. Elle est réduite au *minimum* à la quadrature K, puis recommence à croître. Elle n'atteint de nouveau la vitesse moyenne qu'à 45° de l'opposition D; et continuant de croître jusqu'à ce point D, elle y est de nouveau au *maximum*. Au-delà, la vitesse diminue en passant par tous les mêmes degrés. Cette série d'inégalités a reçu le nom de *Variation*.

101. Les changemens qu'éprouve la pesanteur de la Lune vers la Terre par la présence du Soleil, peuvent de même être évalués en suivant ce satellite dans toutes les positions sur son orbite, et examinant ce qu'y devient la force BL. On trouve que l'attraction terrestre s'accroît dans les quadratures, et de part et d'autre de ces points, à la distance de 36° 16′; qu'elle est au contraire diminuée aux syzygies à 54° 44′ des deux côtés; qu'aux quatre lieux ainsi déterminés, le pesanteur ne reçoit aucune altération, et qu'elle atteint le *maximum* aux quadratures, le *minimum* aux syzygies; qu'enfin la diminution de pesanteur est double de l'augmentation.

102. Ces principes posés, on voit que l'attraction de la Terre sur la Lune est modifiée par celle du Soleil; que cet astre, en changeant la pesanteur et la vitesse du satellite, empêche son orbite d'être elliptique. Mais comme ST est 400 fois LT, l'action solaire est à très peu près la même sur la Lune et sur la Terre. Ainsi LM diffère peu de LI, et l'angle S étant fort petit, la force perturbatrice LA est très faible. L'influence solaire ne doit pas, il est vrai, être entièrement négligée; mais on peut la regarder comme employée à modifier légèrement l'orbite elliptique dans sa situation, sa forme et son étendue.

Abstraction faite du Soleil, la Lune atteindrait son périgée lorsque la vitesse acquise commencerait à l'emporter sur l'attraction de la Terre (n° 94); le contraire aurait lieu à l'apogée; mais l'action solaire, en modifiant cette vitesse, change néces-

sairement ces apsides. Tant que dure la période des diminutions de pesanteur, l'ellipse lunaire a son périgée poussé vers le Soleil; parce que cet effet favorise la vitesse. Dans la période des augmentations, le périgée se meut en sens opposé; et comme la diminution est double de l'augmentation, la quantité dont l'apogée a tourné vers le Soleil surpasse celle dont il a rétrogradé. Ainsi, l'axe des apsides de l'ellipse lunaire s'est mû selon l'ordre des signes. L'observation prouve que le mouvement moyen est de 6′ 41″ par jour ou 40°39′45″ par an, et qu'après environ 9 ans, (3231,4751) jours, solaires moyens) le périgée a décrit le cercle entier.

Par la même raison, l'excentricité a aussi varié; car l'action de la Terre s'affaiblit quand la Lune est apogée; et si ce point est vers E (fig. 29), l'action du Soleil est d'autant favorisée. La distance TE doit alors croître, ce qui augmente l'étendue de l'ellipse: le contraire arrive au périgée lunaire. Cette variation de l'excentricité se manifeste à nous par une altération de la vitesse de l'astre. Le mouvement n'étant pas circulaire, on doit observer des avances et des retards, que le calcul prouve devoir être de 5 à 6° en 7ʲ, pour disparaître les 7ʲ suivans. Le changement de l'excentricité élève cette inégalité à $7°\frac{2}{3}$. C'est ce qu'on nomme l'*Évection*.

Comme la distance de la Terre au Soleil change dans le cours de l'année, les inégalités lunaires participent à cette cause, et les différences d'actions solaires sont sensibles. L'attraction du Soleil est plus grande lorsqu'il atteint le périhélie; elle est moindre à l'aphélie. Ainsi, l'orbe de la Lune sera dilaté vers le premier point (l'hiver) et contracté au second (l'été). De là une autre série d'inégalités qui dépendent du lieu de la Terre dans l'écliptique, et dont la période s'accomplit dans le cours de l'année : c'est l'*Équation annuelle.*

Pour le spectateur placé dans le ☉, la Lune décrit donc autour de nous une suite d'épicycloïdes dont la Terre est le foyer mobile, et qui se dilatent ou se resserrent suivant que la Terre s'approche ou s'éloigne du Soleil. Ainsi, nous sommes plus près de la Lune en été qu'en hiver, et d'après la troisième loi de

Képler, le temps périodique doit être plus court dans cette première saison.

105 Nous avons supposé que l'orbe lunaire est dans l'écliptique, et puisque cela n'a pas lieu ainsi, la force perturbatrice LA (fig. 29) est oblique au plan de cet orbe, et la décomposition doit être faite en trois forces, selon les arètes d'un parallélépipède. Ainsi, outre la force tangentielle LC, qui change la vitesse, et la force radiale BL, qui change la pesanteur vers la Terre, il faut admettre une puissance perpendiculaire à celles-ci, qui pousse la Lune pour l'amener dans l'écliptique et produit l'effet d'abaisser l'orbe sur ce plan. En suivant ses dispositions dans tous les lieux de la Lune, le calcul démontre que la force perpendiculaire est nulle dans les quadratures et dans les nœuds. Lorsque la Lune est à égale distance de ses deux nœuds, l'orbite a 5° 1′ d'inclinaison sur ce plan; elle a 5° 17′ dans les nœuds mêmes.

Cette force qui change l'inclinaison de l'orbite en poussant la Lune vers l'écliptique, change aussi le nœud, en forçant l'astre à traverser ce plan un peu plus tôt qu'il n'eût dû le faire. Voici comment ce double effet résulte de l'action de cette puissance.

Soit MN l'écliptique (fig. 30), ANB l'orbite de la Lune actuellement en L, N son nœud descendant, où elle irait sans l'action terrestre; cette action qui tend à la faire descendre sur l'écliptique, sera représentée par L*b*, et sa vitesse actuelle par L*a*. Ainsi la Lune est soumise à deux forces L*b*, L*a*, et doit suivre la diagonale L*c* du parallélogramme *ba*, et l'orbite est changée de AN en LN′; le nœud N passe en N′; l'inclinaison N est accrue. Comme L*b* est excessivement petit par rapport à L*a*, ces altérations sont fort minimes; seulement leur accumulation les rend très notables. Après que la Lune a traversé l'écliptique pour passer dans la région australe en *l*, l'action terrestre selon *ld* produit de nouveau le changement de l'orbite N′ *lc* en N″*lf*; ainsi le nœud passe en N″, et l'inclinaison diminue.

On voit donc que le nœud parcourt tous les points de l'écliptique NN'N".... Cette ligne est un arc tracé à la surface d'une sphère, au centre de laquelle nous sommes, et le mouvement se fait de gauche à droite, ou est rétrograde; et comme au nœud ascendant, les choses se passent de la même manière, on voit que l'orbite se balance autour d'un plan moyen, faisant des angles un peu variables dans de certaines limites.

L'inclinaison augmente tant que l'astre est au-dessus de l'écliptique; mais elle se rétablit par les mêmes degrés dès qu'il a traversé ce plan. Les nœuds continuent seuls de rétrograder, soit que la Lune marche vers son nœud, soit qu'elle s'en éloigne. Ce mouvement par lequel le tour entier est achevé en 18 ans 7 mois et demi environ, ne s'arrête que quand l'astre est dans le nœud ou en quadrature : la rétrogradation est de 19°20' par an (n° 60), et marche d'autant plus rapidement, que la Lune est plus proche de la syzygie et plus écartée de l'écliptique. Après une révolution complète des nœuds, l'inclinaison de l'orbite reprend la valeur qu'elle avait d'abord.

104. Il suit de cette exposition que la Lune ne se meut pas dans une ellipse; mais qu'elle s'en écarte assez peu, en attribuant à cette courbe plusieurs changements, dont nous venons d'exposer les effets, et qui constituent les *inégalités périodiques* de l'astre.

L'observation avait dès long-temps fait reconnaître ces diverses inégalités. La théorie de l'attraction, en expliquant leur cause, a en outre appris à en découvrir d'autres beaucoup moins importantes, et mis sur la voie des *inégalités séculaires*, qui affectent lentement tous les éléments. Maintenant le mouvement moyen de la Lune s'accélère un peu, de siècle en siècle, la Lune parcourant 9" de plus dans chaque siècle que dans le précédent; ce qui diminue un peu la durée du mois synodique; le mouvement du périgée se ralentit : mais quelque jour ces effets s'arrêteront, puis se reproduiront en sens contraire. Tant de variations, plus ou moins influentes, rendaient les calculs bien pénibles. Cet astre rebelle est enfin soumis aux astro-

nomes ; ils sont parvenus à former des tables qui donnent exactement le lieu vrai qu'il occupe dans le ciel.

108. Nous avons regardé la Terre comme un point mobile ; examinons maintenant si son irrégularité sphérique influe sur son mouvement.

Soit LDH (fig. 29) le globe terrestre, et un de ses points L soumis à l'action solaire représentée par LM ; décomposons cette force en deux autres; comme nous l'avons fait pour la Lune (nº 100), l'une LI égale et parallèle à celle qui attire le centre T, l'autre LA; la première, commune à toute la masse terrestre, engendre le mouvement elliptique : la deuxième est seule perturbatrice. La même décomposition faite sur toutes les molécules du globe, donne autant de forces perturbatrices qui se modifient entre elles, puisqu'elles agissent sur une masse solide.

Il est démontré par le calcul que si la Terre était une sphère homogène, toutes ces puissances s'entre-détruiraient ; l'action solaire ne s'exercerait plus que comme une force unique agissant sur le centre T, où la masse serait supposée réunie : la même chose aurait lieu si le globe était formé de couches sphériques homogènes. Mais le globe terrestre étant aplati aux pôles, on peut le concevoir formé d'une sphère dont le diamètre serait celui des pôles, recouverte d'une enveloppe dont l'épaisseur croîtrait à mesure qu'on s'approche de l'équateur. L'attraction du Soleil sur la sphère ne produisant aucune force perturbatrice, n'ayons égard qu'à son effet sur le ménisque qui la recouvre, effet qui est de même nature que l'action qu'éprouve la Lune dans ses nœuds (lorsqu'elle est sur l'écliptique même).

Imaginons que les diverses molécules de ce corps forment une sorte d'anneau équatorial autour de la Terre, lequel est dirigé selon AN (fig. 30) et incliné de $23° \frac{1}{2}$ sur l'écliptique MN. L'attraction du Soleil sur les particules de cet anneau AN s'exerçant obliquement à l'écliptique MN, a des composantes telles que L*b*, perpendiculaires à ce plan, qui tendent à redresser l'axe terrestre et à faire tomber l'anneau équatorial AN dans le

plan MN de l'écliptique : mais la rotation terrestre s'oppose à cet effet. Tout point L de cet anneau obéit à deux forces, savoir : la rotation de L vers N, et l'attraction de L vers MN, lesquelles, représentées par L*a* et L*b*, donnent la résultante L*c*, qui porte le nœud N en N'. Le plan de cet anneau, ou l'équateur, changera donc de direction, et son intersection avec l'orbite rétrogradera. L'action par laquelle l'angle N devrait changer sera détruite par une action égale qui s'exerce sur les molécules situées au-delà du nœud N ; ainsi l'inclinaison restera constante. On voit donc que la vitesse de rotation de la Terre, combinée avec l'attraction du Soleil sur le ménisque, lui conserve la même obliquité à l'écliptique, et fait rétrograder la section de ce plan avec l'équateur. Ainsi cette attraction qui, étant seule, devrait amener ces deux plans à coïncider, en faisant tourner le second autour de la ligne fixe des nœuds, se trouve modifiée par la rotation diurne, de manière à conserver au contraire à l'équateur une inclinaison constante, et à déplacer cette ligne ; faisant ainsi passer aux nœuds une variation qui serait dans l'inclinaison, et donnant à cet angle une constance qui serait dans les nœuds. Cette rétrogradation est précisément analogue à celle des nœuds de la Lune ; seulement l'action qui, exercée tantôt au-dessus, tantôt au-dessous de l'orbite en L et *l*, faisait coucher ce plan L*l*, et le redressait alternativement par un balancement périodique, se trouvant ici agir en même temps des deux côtés, ne change plus l'inclinaison du plan L*l*.

Les planètes et la Lune contribuent à cet effet ; nous reviendrons sur ce sujet. Observons seulement que notre ménisque ne pouvant obéir à ces forces sans entraîner la sphère entière qu'elle recouvre, dont la masse est immense par rapport à la sienne, la rétrogradation doit être peu sensible.

Aussi cet angle n'est-il que de 50, 10" par an en longitude, dont 50,41" due à l'action *luni-solaire*, et 0", 31 soustractif causé par les planètes.

Après être partie de l'équinoxe ♈, lorsque la Terre aura accompli sa révolution ♈AHP (fig. 13), et sera revenue au même point ♈, l'équateur, dont l'intersection ♈S avec l'écliptique

passait par le Soleil S, aura changé sa position : ce qui donnera à cette trace une autre direction; et arrivée en ♈′, cette trace ♈′ S rencontrera le Soleil un peu avant le lieu ♈, où cela aurait dû avoir lieu si la Terre eût été sphérique.

Ainsi, l'équinoxe, au lieu de revenir en ♈, sera observé en ♈′, un peu plus tôt. Qu'on prolonge le rayon vecteur ♈ S jusqu'au ciel, et qu'il y rencontre une étoile E; au retour à ce point ♈ et lorsqu'on retrouvera l'étoile E sur le rayon vecteur ♈ S, l'équinoxe sera déjà passé; ou si l'on veut, à l'équinoxe prochain ♈′, l'étoile ne sera pas encore revenue sur le rayon ♈′ S, et la Terre devra continuer quelque temps sa course pour que cette rencontre ait lieu, c'est-à-dire pour que la révolution complète et *sidérale* soit effectuée. On voit donc que *l'année sidérale, ou le temps du retour de la Terre à la même étoile, ou au même point de son orbite, surpasse l'année tropique, ou le temps du retour au même équinoxe.*

Ce phénomène qui change sans cesse la trace de l'équateur sur l'écliptique, et transporte l'équinoxe en divers points rétrogrades ♈′, ♈″, ♈‴, ..., est donc un résultat de la rotation de la Terre, combinée avec l'attraction qu'éprouve son excès de sphéricité. Ce mouvement de l'équinoxe est ce qu'on nomme la *précession*. Voici l'effet qui en résulte sur nos observations.

106. Nous avons dit que le mouvement de la Terre présente les mêmes apparences que si, ce globe étant fixé à son centre, tournait en 24^h sur son axe d'occident en orient, tandis que le Soleil parcourrait dans le même sens, en un an, une courbe presque circulaire dans le plan de l'écliptique, les étoiles demeurant d'ailleurs immobiles dans l'espace. Mais cette immobilité, quoique réelle, semble ne pas exister; en vertu de la précession, les étoiles nous paraissent décrire autour de nous, dans le même sens que le Soleil, des cercles parallèles à l'écliptique en conservant leurs situations relatives.

Qu'on se figure le ciel comme une voûte sphérique ABCI (fig. 31) sur laquelle les étoiles seraient fixées, chacune à sa place; au centre est la Terre T, et le Soleil nous paraît décrire

autour de nous un cercle annuel ♈A♎C, qui est l'écliptique céleste. Le plan IH est l'équateur céleste, P est son pôle, ♈ et ♎ les équinoxes, A et C les solstices, l'axe BT, perpendiculaire à l'écliptique, en détermine le pôle B; les cercles ♎P♈, ABC, perpendiculaires entre eux, ont reçu le nom de *Colures;* ce sont deux cercles horaires perpendiculaires, passant l'un par les équinoxes et l'autre par les solstices.

Cela posé, la sphère céleste paraît tourner très lentement autour de l'axe immobile BT; les étoiles semblent ainsi décrire des arcs parallèles à l'écliptique dans le sens A♎C♈ d'occident en orient, comme les mouvements diurne et annuel de la Terre. L'étendue de ces cercles décroît à mesure qu'ils se rapprochent du pôle B de l'écliptique, lequel est lentement mobile, aussi bien que la ligne ♈♎ des équinoxes, l'équateur I♈H, l'écliptique A♈C et les colures ♎P♈ et ABC. Les étoiles (*) situées dans le plan de l'écliptique sont les moins lentes dans leur mouvement. Des étoiles voisines des équinoxes passent d'un côté de l'équateur à l'autre, changeant ainsi leur déclin. australe en boréale, vers ♈; le contraire arrive près de ♎. Ici la déclin. australe diminue, la boréale s'accroît; là on voit arriver l'opposé. La latitude se conserve constante, la longitude augmente.

La rotation diurne de la Terre, la révolution annuelle apparente du Soleil et la progression lente des étoiles, se font donc dans le même sens, mais dans des temps extrêmement différents. La révolution complète a lieu, pour le Soleil, en un an, pour les

---

(*) Jadis les étoiles α et κ du Dragon ont successivement approché du pôle P de l'équateur, et l'étoile qui maintenant est voisine de ce point, et que, pour cette raison, nous appelons *polaire*, en était alors fort éloignée : elle s'en est peu à peu approchée, et continuera de le faire jusque vers l'an 2095, que sa distance au pôle sera réduite à 26'30". Ensuite elle s'en éloignera avec la même lenteur, en procédant vers l'est, pour n'y revenir que 26 000 ans après, ayant accompli sa révolution entière, avec tout le ciel étoilé, autour du pôle B de l'écliptique. Dans 12000 ans, par l'effet de la précession, la Lyre, qui est une des plus belles étoiles de notre ciel, sera devenue *polaire* puisqu'elle, ne sera plus qu'à 5 degrés du pôle de l'équateur.

étoiles en 26 mille ans, et la rotation de notre globe en 24^h. En vertu de cette rotation apparente de la sphère céleste, les étoiles viennent donc successivement et avec lenteur occuper diverses régions du ciel et se rapportent à des points variables relativement aux parties immobiles en apparence, qui sont l'écliptique, l'équateur, la ligne équinoxiale et les colures : mais en réalité les étoiles restent fixes, tandis que ces cercles forment un système de pièces liées ensemble qui tourne d'un mouvement commun autour de l'axe BT, en sens contraire ♈C♎B, le point ♈ parcourant le cercle AC d'orient en occident, ou *contre l'ordre des signes.* L'équinoxe avance donc, en procédant vers la droite, à travers les constellations suivantes :

Bélier, Poissons, Verseau, Capricorne, Sagittaire, Scorpion, Balance, Vierge, Lion, Cancer, Gémeaux, Taureau, Bélier, etc.

Maintenant ♈ se trouve dans la constellation des Poissons, et très près du Verseau. Le calcul et l'observation s'accordent à donner pour la précession

$$50'',1 \text{ par an}, \ 1^\circ \text{ tous les } 71,8563 \text{ ans.}$$

La rétrogradation d'un signe entier ou 30°, exige 2156 ans, et le point équinoxial sera 25868 ans à parcourir l'écliptique entière. Du reste, la rétrogradation n'est pas tout-à-fait uniforme. (*Voy.* p. 199.)

Le mouvement commun qui entraîne toutes les étoiles supposerait, s'il leur était propre, un accord entre elles bien inconcevable; mais, de même que l'illusion de la révolution diurne est produite par la rotation de la Terre sur son axe en 24^h; que l'apparence du mouvement annuel du Soleil résulte de celui de notre globe suivant l'écliptique ; de même aussi la marche lente des étoiles dans le sens des signes, ou, si l'on veut, la *précession des équations* contre l'ordre des signes, n'est qu'une illusion due au mouvement de la ligne des nœuds de notre équateur, qui cause l'anticipation lente du firmament entier, comme si tout le ciel tournait unanimement autour de l'axe BT de l'écliptique.

Nous avons dit que le temps employé par le Soleil pour accomplir le cercle entier ♈AHP♈ (fig. 13) et revenir à la même étoile, c.-à-d. l'année sidérale, surpasse l'année tropique, ou la durée nécessaire pour atteindre le nouvel équinoxe ♈′, de tout le temps qui convient pour décrire le petit arc ♈♈′ = 50″,1, ce qui revient par an à 20′ 19″,9 de temps moyen; tel est donc *l'excès de l'année sidérale sur l'année tropique.* La première année, ou le temps que le Soleil met à revenir à la même étoile, est donc $365^j,2563744$17 ou $365^j\ 6^h\ 9'\ 10'',7496$; et puisque l'équinoxe ♈ s'est transporté en ♈′, le périgée P s'est rapproché de ce point de 50″,1, ce qui produit la même apparence que si *l'ellipse entière avait tourné, dans le plan qui la contient, d'occident en orient, ou selon l'ordre des signes* (n° 111).

107. La longitude d'une étoile L (fig. 31) est la distance ♈AK de son cercle LK de latitude à l'équinoxe ♈; et puisque la position du point ♈ varie et se porte vers C, cette distance s'accroît sans cesse. Telle est donc la cause de ce changement si faible, mais pourtant sensible par l'accumulation, en vertu duquel la longitude des étoiles fixes croît de plus en plus et de 50″,1 pour toutes chaque année. Elles restent pourtant immobiles; le point seul qui leur sert de terme de comparaison varie.

Les effets produits par le déplacement de l'équinoxe sur l'asc. dr. et la déclin. des étoiles ne sont pas les mêmes pour toutes, comme il arrive pour la longitude. Il est évident, par la nature même du mouvement de précession, que les étoiles qui sont du même côté que ♈, relativement au colure des solstices ABC, se rapprochent du pôle de l'équateur, tandis qu'au contraire celles qui sont du même côté que ♎ s'en éloignent. L'analyse enseigne à calculer ces variations (voy. l'*Astronomie pratique*), qui sont consignées dans la Table XI sous le titre de *Variation annuelle.*

Nous avons dit (n° 42) que l'écliptique est partagée en douze signes ou arcs de 30°, auxquels on a imposé les noms de *Bélier, Taureau*, etc., signes que le Soleil semble décrire successive-

ment chaque année. Ces noms sont ceux des constellations les plus remarquables de la zone zodiacale, qui autrefois ont servi à dénommer les arcs d'écliptique qui les traversaient; le signe du Bélier était alors un arc de cercle ayant 30° et traversant la constellation du Bélier, et ainsi des autres. Mais depuis cette époque, qui remonte à 2000 ans (*), la précession des équinoxes a paru reporter le ciel entier de 30° vers l'orient, ce qui fait que les signes ne se trouvent plus dans la région des constellations de même nom. Le signe du Bélier est maintenant dans la constellation des Poissons, et le Soleil, à l'équinoxe du printemps, nous semble correspondre près de la constellation du Verseau : le signe du Taureau est dans celle du Bélier, etc. (**).

On ne doit donc pas confondre les signes avec les groupes d'étoiles qui portent le même nom. Les signes étant maintenant plus éloignés vers l'occident d'environ 30° que la constellation correspondante : au printemps le Soleil entre dans le signe du Bélier, et est dans la constellation des Poissons; aux solstices;

(*) En 1800, la longitude de Régulus était $4^s 27°$. Cette belle étoile, qu'on regardait comme le chef des mouvements célestes, était seulement à 4^s, à l'époque où l'équinoxe occupait le point fixe que je regarde comme l'origine du Bélier (*voy.* n° 244) : ainsi il y a eu 27° de rétrogradation, qui, à raison de 71,8563 ans pour 1°, produisent 1940 ans avant 1800. C'était donc 140 ans avant notre ère, que la constellation et le signe du Bélier coïncidaient juste. En — 2296, l'équinoxe a quitté celle du Taureau pour entrer dans le Bélier; antérieurement, l'équinoxe parcourait le Taureau, le solstice étant dans le Lion, etc.

(**) La confusion qui résulte de l'emploi d'un même mot pour désigner deux choses différentes, paraît exiger qu'on se serve de qualifications distinctives. Lorsqu'on dit que le Soleil est dans le Lion, on ne peut être compris, à moins qu'on n'exprime s'il s'agit du signe ou de la constellation du Lion. Cette remarque semble appeler une réforme qui consisterait à imposer aux signes d'autres dénominations. On pourrait, par exemple, adopter les noms des mois du calendrier républicain : au lieu de dire que le Soleil est dans le signe du Bélier, on dirait que cet astre est dans *germinal*, qu'on indiquerait toujours par le caractère ♈; de même le Soleil serait en Floréal ou dans le ♉, du 30e au 60e degré, qui revient au signe du Taureau, et ainsi de suite.

Ces noms auraient l'avantage de n'occuper dans la mémoire aucune place

l'astre entre dans les signes du Cancer et du Capricorne, et décrit les Gémeaux et le Sagittaire, etc.

108. La Lune n'est qu'accidentellement dans l'écliptique; ainsi son action sur le ménisque terrestre ne se borne pas à accroître la précession. Ici, comme au n° **105**, l'anneau de l'équateur doit varier d'inclinaison et de position d'une très petite quantité. Il résulte de là que, tout en obéissant à la précession, qui détermine une situation moyenne pour l'équinoxe ♈, ce point oscille légèrement de part et d'autre, et que l'équateur se balance : c'est ce qui constitue la *Nutation*. Le défaut de sphéricité de notre globe cause donc dans son axe un balancement qui lui fait décrire une surface conique, et cet axe répond dans le ciel à divers points qui forment une petite ellipse autour du pôle moyen, pris pour centre; les demi-axes sont de 9",25 et 6",87. Ce mouvement de l'axe suit celui des nœuds de la Lune qui le cause, et s'accomplit dans le temps de la révolution complète des nœuds (18 ans et demi). Du reste, ces variations de précession et d'obliquité de l'écliptique sont resserrées entre des limites très rapprochées. L'attraction solaire ajoute faiblement à cette action, qui a pour période une année, durée qui ramène la Terre à la même situation à l'égard du Soleil. Ce double effet constitue la *nutation luni-solaire*, que les astronomes calculent avec soin.

109. L'action que la Terre et le Soleil exercent sur la Lune pour la détourner des lois du mouvement elliptique, s'est donc retrouvée dans l'action de ces deux astres sur la Terre. On en observe d'analogues, quoique bien plus lentes et bien moins

---

nouvelle, d'offrir des désinences distinctives des quatre saisons, et enfin d'avoir pour étymologie les travaux d'agriculture ou les phénomènes naturels propres à chaque mois du monde civilisé, et surtout de l'Europe. Ces noms rappellent, il est vrai, des temps de désordre et de calamité; mais ce motif ne doit pas plus les faire rejeter qu'il ne conduit à renoncer au nouveau système des poids et mesures, à l'École Polytechnique, et à plusieurs choses grandes et utiles qui doivent leur origine à la même époque.

marquées, dans l'attraction des planètes les unes sur les autres, et qui causent leurs inégalités séculaires et périodiques. Ainsi dans la suite indéfinie des siècles, l'inclinaison des orbites croît et décroît lentement, le périhélie et les nœuds se déplacent dans l'espace en tournant, l'excentricité change;... Mais c'est un des phénomènes les plus remarquables du système du monde, que *les moyens mouvements et les grands axes des orbites ne changent pas, et ces courbes seront toujours presque circulaires.*

110. L'attraction des planètes sur la Terre contribue aussi à la précession; mais en outre elle change graduellement l'obliquité de l'écliptique par un effet analogue à la nutation. Cette obliquité diminue par siècle de 45",7 (environ *le centième de la précession,* ½" par an, 1' après 131 ans).

La ville de Syène, en Égypte, était autrefois sous le tropique. Les travaux d'Ératosthène, de Strabon et de Ptolémée, qui ont déterminé l'obliquité de l'écliptique d'après la position de cette ville, ont rendu célèbre un puits au fond duquel l'image du Soleil allait se peindre à midi, le jour du solstice d'été; mais ce fait est devenu une cause d'erreur, parce qu'on ignorait le changement d'obliquité, et qu'on a continué de supposer Syène sous le tropique. Maintenant cette ville en est assez éloignée, et le bord même du Soleil n'éclaire plus le fond du puits; ce qui est loin de démentir l'assertion historique relative à l'existence de ce puits et à son usage, ainsi que l'a très bien prouvé M. Jomard, dans son *Mémoire sur Syène et les cataractes* (*Descr. de l'Égypte,* Ant., chap. II). L'ombre d'un gnomon n'y est aujourd'hui que le 400e de sa hauteur, au midi solsticial, et par conséquent peu sensible; mais le fond du puits est entièrement dans l'ombre. Depuis 3000 ans, l'obliquité a diminué de 21' 51"; Syène est maintenant éloignée du tropique de 37' 23", et ne l'était alors que de 14' 32", quantité moindre que le demi-diamètre du Soleil; ainsi le bord de cet astre se réfléchissait au fond du puits le jour du solstice d'été; les corps cessaient de porter ombre, et les jours voisins, l'ombre

était encore nulle ou peu sensible. C'est sur ce phénomène que s'est établie l'opinion que Lucain a consacré dans ce vers :

Umbras nusquam flectente Syene.

Du reste, ce double changement de précession et d'obliquité n'est point constamment par siècle de 1° 23′ 30″ pour l'une, et de 45″ 7 pour l'autre, le mouvement n'étant pas uniforme. Ces nombres, qui ont lieu maintenant, doivent éprouver de légères variations dans la durée des siècles. On voit que si le point ♈ ne se meut pas sur l'écliptique avec une vitesse constante, il en résultera un léger changement dans la durée de l'année tropique, qui se trouve en effet plus courte de 11″32 que du temps d'Hipparque, il y a environ 1960 ans, parce que la rétrogradation équinoxiale était alors moindre de 0″,455 par an. Fourier observe (T. 9, p. 28, *Description de l'Égypte*) que 2000 ans avant notre ère, à l'époque où florissait la puissance égyptienne, et où la ville de Thèbes était la capitale du monde civilisé, l'année tropique était plus courte de 30″ qu'actuellement. D'ailleurs ces variations de vitesse sont renfermées entre des limites très resserrées, et dans le temps indéfini, on trouve des compensations entre les très petits écarts de la précession, de l'obliquité et de la durée de l'année tropique.

Le calcul démontre que la diminution d'obliquité ne continuera pas éternellement, et qu'elle cessera en s'affaiblissant de plus en plus, à mesure qu'on approchera de ce terme éloigné de station; après quoi l'inclinaison commencera à croître. Ce balancement très lent de l'axe terrestre est renfermé dans des limites fort petites, et qu'on suppose être de 1° à 3°; on croit que la diminution ne peut aller au-delà de 2° 42′ en tout. Ainsi il ne se peut pas que cet angle devienne jamais nul, terme où l'équateur coïnciderait avec l'écliptique, et où l'on verrait s'établir sur la terre un printemps perpétuel.

Il résulte donc de l'action du Soleil, de la Lune et des planètes sur le ménisque terrestre trois effets qui nous apparaissent combinés ensemble, mais que les astronomes distinguent pour la commodité de leurs calculs, la précession, le décroissement

d'obliquité et la nutation. Les deux premières sont séculaires et s'accroissent lentement chaque année : la précession porte l'Équinoxe ♈ constamment vers l'ouest, accroissant sans cesse les longitudes et les ascensions droites, et déterminant le lieu moyen de ce point; l'obliquité diminue très peu chaque année. Quant à la nutation, elle est périodique, l'axe de la Terre et l'équateur se balançant autour de l'état moyen ; la Lune qui y a la plus forte influence, revenant aux mêmes positions relativement au nœud ☊, la nutation qu'elle produit redevient la même; et aussi aux mêmes dates annuelles, le Soleil revenant à la même distance de la Terre, son action se reproduit identiquement. La *nutation Luni-Solaire* est donc périodique.

On tire de là une preuve concluante du mouvement de la Terre. Car, si la nutation n'était pas l'effet d'une oscillation conique de son axe, ce serait le ciel étoilé qui l'éprouverait, supposition absurde, puisque le Soleil, la Lune et les planètes qui y participent, sont tout-à-fait indépendants des étoiles : d'ailleurs les lois de la nutation étant liées à la position de l'orbite de la Lune, il faudrait admettre que la sphère céleste est entretenue perpétuellement dans un état d'oscillation par la marche de la Lune. La précession et le changement d'obliquité sont aussi des preuves du mouvement de l'axe de la Terre. Ainsi cet axe et l'équateur se meuvent, et il serait ridicule de nier que la translation et la rotation de notre sphéroïde soient impossibles.

L'attraction du ménisque terrestre s'exerce aussi sur la Lune et produit dans son mouvement une inégalité qui se manifeste, tant sur la longitude que sur la latitude de ce satellite. On peut, par le calcul, faire la part de ces deux actions, et Burckhardt a montré qu'on en pouvait déduire l'aplatissement de la Terre, et que l'une et l'autre donnent à peu près un 305ᵉ. Il est vraiment remarquable qu'un astronome, par la seule puissance de ses instruments et de ses calculs, puisse ainsi, sans sortir de son observatoire, mesurer la Terre avec la même exactitude au moins que par des opérations géodésiques longues et dispendieuses.

111. L'action des planètes, et surtout de Vénus et de Jupiter, déplace aussi l'écliptique, et fait tourner cette courbe dans son

plan autour du foyer que le Soleil occupe sans cesse. *Ce mouvement est direct*, c'est-à-dire que *le périgée et l'apogée terrestres tournent dans l'ordre des signes*, et décrivent par an 11",66. La longitude de ce point change donc non-seulement de 50",1 en vertu de la précession, mais encore de 11",66 par l'action planétaire, ce qui fait 61",76 par an.

Récapitulons ces diverses altérations de mouvements.

1°. Le Soleil et la Lune agissent sur le sphéroïde terrestre qui, à raison de son renflement équatorial, éprouve un double effet : l'un par lequel la ligne de section de l'équateur avec l'écliptique change lentement, ce qui cause la rétrogradation des équinoxes de 50",1 par an, et produit aussi un mouvement de l'apogée en sens contraire; l'autre qui fait balancer l'équateur autour de la ligne sans cesse variable des équinoxes. Cette nutation est composée de deux parties, l'une solaire et très faible qui a l'année pour période, l'autre lunaire qui se rétablit et se reproduit tous les 18 ans $\frac{1}{2}$, comme les nœuds de la Lune (n° 60).

2°. L'écliptique entière est entraînée dans son plan, et l'axe tourne de 11",66 par an, ce qui constitue *le mouvement sidéral de l'apogée solaire*; cette valeur réunie à la première, produit un accroissement annuel de longitude de l'apogée de 61",76 dans l'ordre des signes.

3°. L'obliquité de l'écliptique décroît de 45",7 par siècle.

4°. La nutation altère légèrement ces effets; le point ♈ oscille de part et d'autre de l'état moyen déterminé par ces règles, en même temps que l'équateur se balance.

On entend par *obliquité moyenne*, celle qui aurait lieu sans la nutation; par *obliquité apparente*, celle qui a lieu en effet. On entendra aisément ce que signifient les mots pôle moyen et équateur moyen, dont on se sert quand on fait abstraction de la nutation.

5°. Enfin la Terre sort un peu de l'ellipse même qu'on a jusqu'ici regardée comme étant son orbite, et passe tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, et dans tous les sens, selon la position de la Lune, de Vénus, Mars, Jupiter et Saturne. Il en résulte

de petits écarts, des variations du rayon vecteur du Soleil, de sa longitude ; cet astre semble donc sortir du plan de l'écliptique, passer au-dessus quand nous sommes au-dessous, et réciproquement ; d'où il résulte une latitude apparente de quelques secondes, et qui peut même aller jusqu'à 1'.

D'après cet exposé, on conçoit que toutes les parties de l'orbite et de l'équateur sont dans un mouvement perpétuel que les astronomes savent calculer, d'abord en valeurs moyennes, qu'ils corrigent ensuite, en ayant égard aux perturbations planétaires.

On distingue trois sortes d'années relatives à la Terre :

1°. *La révolution* ou *année tropique*, temps du retour à l'équinoxe, qui est de $365^j,242218124 = 365^j5^h48'47'', 6459$ (*page* 74).

2°. *La révolution* ou *année sidérale*, temps du retour à la même étoile, qui est de $365^j,256374417 = 365^j6^h9'10'',7496$: elle excède la précédente du temps que le Soleil emploie à décrire l'arc de 50",1 dont le point ♈ s'écarte vers l'ouest.

3°. *La révolution anomalistique*, temps du retour à l'apside ou de $365^j,25966046 = 365^j6^h13'54'',665$. Puisque le périgée tourne dans l'ordre des signes, la Terre partant de ce point et revenant à la même longitude, ne se retrouve au périgée que lorsqu'elle a en outre décrit l'arc de 61", 76 dont ce point a marché. Ainsi la révolution anomalistique, ou le retour à l'apside, surpasse l'année tropique de $0^j,01744234 = 25'7'',02$, et la sidérale de 4' 43", 915.

Quant aux planètes, on entend par leur *révolution sidérale* le temps à s'écouler jusqu'au retour à une conjonction de l'astre avec quelque étoile ; par *révolution périodique*, le temps du retour à une même longitude, moindre que le précédent de la durée employée par ♈ à décrire l'arc de précession ; enfin par *révolution synodique*, le temps du retour à la même position, par rapport au Soleil et à la Terre. (*Voy.* Table XIII.)

Vers l'an 1248 la Terre arrivait très près du périgée P (fig. 12) le jour même de solstice d'hiver, c'est-à-dire à l'instant

où le Soleil atteignait le tropique du Capricorne; position que représente la fig. 13 : A est le lieu où se trouvait la Terre au solstice d'été, ♎ et ♈ sont les équinoxes, le 1er du printemps, le 2e d'automne. Cet état a changé depuis, et le périgée décrivant 61″,76 par an, le Soleil s'en trouve éloigné au solstice d'hiver de 9° 58′ 58″ ; c'est de là que résulte la position que nous avons attribuée au périgée en 1829 (page 82), ainsi que l'instant où le Soleil passe par ce point : on en tire aisément le lieu du périgée à toute autre époque. Chaque année l'intervalle croît : vers l'an 6400, la ligne des équinoxes ♎ ♈ se confondra avec celle des apsides, P sera en ♎; 4089 ans avant notre ère, P était en ♈ ; c'était à peu près l'époque où les chronologistes placent la création du monde. La durée des saisons, donnée n° 42, est donc lentement variable.

Des Marées.

112. La Lune exerce sur les parties fluides de notre globe une action semblable à celle qui est produite sur sa masse solide ; mais la fluidité permettant aux molécules un mouvement isolé, l'effet qui en résulte est modifié. Le poids du fluide qui est situé du côté de la Lune est un peu diminué, parce qu'il est plus attiré que le centre de la Terre; les parties liquides obéissent à cette attraction qui les élève un peu au-dessus de la surface de niveau du globe. Il en faut dire autant de la masse fluide diamétralement opposée, qui est moins attirée que le centre de la Terre; d'un côté c'est le fluide qui s'élève, et de l'autre c'est la surface terrestre qui, s'abaissant au-dessous du niveau, laisse le fluide plus élevé. Ici, comme dans l'action solaire sur la Lune aux syzygies, les effets sont les mêmes aux points opposés.

A raison de cette diminution de poids de part et d'autre du sphéroïde terrestre, deux masses d'eau sous forme de montagnes liquides opposées, suivent la Lune dans sa marche, et parcourent la surface des mers dans la rotation diurne du globe. Si elles rencontrent des rivages, elles s'y précipitent en les

couvrant; elles troublent l'eau des fleuves en les refoulant et leur donnant un courant opposé : c'est le *flux* ou le *flot*. Les points de la mer éloignés de 90° en longitude, et qui sont, pour ainsi dire, en quadrature, éprouvant un effet contraire, les eaux s'y affaissent autant par l'effet de l'accroissement de poids, que par la communication avec les eaux du flux qu'elles doivent alimenter en s'écoulant vers elles; les rivages qui en étaient couverts sont abandonnés : c'est le *reflux* ou le *jusan*.

Tel est le phénomène des *Marées*. Même dans le temps le plus calme, on voit la mer se soulever pendant environ 6^h et se précipiter avec fureur sur le rivage, qu'elle envahit peu à peu, jusqu'à une hauteur plus ou moins grande; ensuite elle reste quelques instants stationnaire; on dit alors qu'elle est *haute*, *pleine* ou *étale*. Bientôt elle redescend pendant 6^h, et s'abaisse d'autant plus qu'elle s'est élevée davantage. La même suite de mouvements périodiques se reproduit éternellement.

La durée qui sépare deux hautes mers successives n'est pas constamment la même : sa valeur moyenne est de $12^h,4206 = 12^h\,25'\,14'',15$, participant ainsi aux retards des passages méridiens de la Lune (page 106) : l'étendue de deux marées consécutives se trouve toujours à peu près renfermée dans les limites du jour lunaire correspondant; elle est de $24^h\,50'\,8'',3 = 24^h,8412$, et excède le jour solaire de près d'une heure. Il y a donc des jours où l'on ne peut observer deux marées complètes. On a reconnu qu'à Brest la mer met 9 à 10 minutes de moins à monter qu'à descendre.

L'attraction solaire doit aussi faire sentir son action dans ce grand phénomène: cet astre tendra à élever les mers à midi et à minuit, heures de son passage au méridien; les eaux s'abaisseront au contraire à 6^h du matin et du soir. Il y aura donc quatre marées par jour, deux produites par la Lune et deux par le Soleil : dans les syzygies, ces marées se réduiront à deux, dont l'intensité sera la somme des deux effets. Dans les quadratures, les directions des forces seront perpendiculaires et ne pourront se nuire, en sorte que les marées solaire et lunaire auront lieu comme si chacune s'opérait séparément : mais lors-

que la haute mer lunaire aura lieu sous le méridien de la Lune, la basse mer solaire se fera sentir au même endroit, qui se trouve être à 90° du méridien solaire. La marée totale sera donc la différence des deux marées partielles : on conçoit comment les quatre marées se réduisent à deux par leurs combinaisons entre elles. La plus forte est dans les syzygies, la plus faible dans les quadratures.

L'intensité d'une marée dépend de la distance de la Terre à la Lune et au Soleil. Ainsi, plus la Lune sera proche de nous (plus sa parallaxe et son diamètre apparents seront grands), et plus la marée aura de force : la vitesse de l'astre, qui est alors la plus grande, ajoute encore à l'effet. On voit donc que lorsque la Lune sera au périgée, la marée aura plus de force, et qu'elle en aura moins à l'apogée. Le peu d'excentricité de l'écliptique rend presque nulle la variation des distances du soleil à la terre. L'expérience apprend qu'en France, chaque marée, telle que le calcul en détermine l'intensité, est toujours retardée de 36^h.

Nous venons de raisonner comme si le Soleil et la Lune se trouvaient dans l'équateur; la théorie prouve que les actions de ces astres décroissent quand leurs déclinaisons augmentent. Ainsi les marées, dans les temps des équinoxes, sont les plus considérables, surtout si elles arrivent en même temps qu'une syzygie. Nous ne disons rien ici de ce que la puissance des vents et leur direction peut ajouter au phénomène.

Comparons l'élévation de la haute mer sur la basse mer, lorsque la Lune est à sa moyenne distance, d'une part dans les syzygies, et de l'autre dans les quadratures : cette hauteur dans les syzygies est la somme des effets du Soleil et de la Lune ; elle en est la différence dans les quadratures, ainsi qu'on vient de l'exposer. Une longue suite d'observations a permis d'en déduire le rapport d'intensité des forces du Soleil et de la Lune. Laplace a trouvé que la première n'est que le tiers de la seconde : cela suit de ce que la petitesse de la masse lunaire est plus que compensée par sa proximité. Ainsi la Lune est la cause la plus importante du phénomène, et paraît en diriger les périodes.

Il ne faut pas croire que l'instant de la marée dans les syzy-

gies, soit à midi, ou à minuit, heures du passage de la Lune au méridien ; il y a des retards qui tiennent à la configuration des côtes, etc. Lorsque la Lune est entre les syzygies et les quadratures, l'action de cet astre se compose avec celle du Soleil, et la résultante, dirigée entre ces deux corps, détermine le point le plus élevé de la protubérance aqueuse. Cette résultante sera plus rapprochée de la Lune, qui exerce une action triple; et selon que cet astre ira au périgée ou à l'apogée, cette force prendra diverses situations à l'égard de ce satellite. On voit donc que l'heure de la marée avancera des syzygies aux quadratures, parce que la résultante passera à l'ouest de la Lune (fig 16); il y aura retard, des quadratures aux syzygies, attendu que cette force tombera à l'est. Ces avances et retards varieront avec le lieu de la Lune dans son ellipse, puisque la résultante se rapprochera de la Lune au périgée, s'en éloignera à l'apogée.

On voit donc que les marées sont surtout réglées par la Lune; le Soleil ne peut jamais qu'accroître ou diminuer, avancer ou retarder l'effet produit par ce satellite, dont la proximité contribue puissamment au phénomène : les distances des deux astres à l'équateur y influent beaucoup aussi. La marée sera au *minimum* dans les quadratures, si la Lune est apogée : si l'astre est périgée, elle sera au *maximum* dans les syzygies; enfin les marées des équinoxes sont les plus puissantes, quand elles se réunissent avec la lune périgée. Toutes choses égales d'ailleurs, la plus grande marée est à peu près double de la moindre; celle-là n'est que la 3ᵉ marée après une syzygie, celle-ci la 3ᵉ après une quadrature.

113. Nous avons dit que les deux montagnes aqueuses qui causent la marée n'ont pas pour axes le rayon vecteur mené de la Terre à la Lune, et que le passage méridien de l'astre n'est pas le moment où le phénomène se manifeste. La manière dont l'action de cet astre se compose avec celle du soleil, l'adhérence des eaux dont l'écoulement n'est pas instantané; leur frottement sur le fond de la mer; la rotation diurne de la Terre, qui

force cette protubérance à se déplacer sur la surface, et qui l'empêche d'atteindre à son *maximum* d'élévation à l'instant où la résultante des deux forces principales vient l'attaquer; enfin l'écoulement avec une vitesse accélérée, des eaux du reflux pour combler le vide des eaux du flux; telles sont les principales causes qui n'amènent le retour du soulèvement des eaux que plusieurs heures après le passage de la Lune au méridien, et forcent la mer à mettre un peu plus de temps à descendre qu'à monter.

L'étendue des eaux doit contribuer à leur élévation, puisque, dans une vaste mer, tout y favorise l'action lunaire et solaire; aussi, dans la Méditerranée, les marées sont à peine sensibles, et elles ne le sont nullement dans la mer Caspienne et la mer Noire. Cependant le phénomène est assez remarquable, dans ces lieux mêmes, lorsque la transmission des ondes se produit dans des parties profondes et resserrées. On observe des marées au fond du golfe de Venise, et l'on dit qu'un philosophe grec s'est noyé de chagrin de n'avoir pu expliquer les mouvements de la mer dans le détroit de l'Euripe.

La configuration des rivages retarde aussi beaucoup l'époque du flux, et les divers lieux d'une côte en reçoivent l'effet à des momens différens; mais comme ces causes de retard sont constantes, leur effet l'est aussi. Le retard que la marée éprouve dans chaque lieu sur le passage méridien de la Lune, est toujours le même dans ce lieu; il est de $3^h\ 30'$ à Brest, de 6^h à Saint-Malo, de $3^h \frac{1}{2}$ à Lorient, de $10^h \frac{1}{2}$ à Dieppe, etc. : c'est ce qu'on nomme l'*Etablissement du port*. Ainsi il est $3^h\ 30'$ à Brest lorsque la mer est haute, les jours de la nouvelle et de la pleine Lune. Si l'on conçoit un large canal ouvert d'un côté dans la mer, et se prolongeant de l'autre au loin dans les terres; lorsque le flux arrivera à l'embouchure, le mouvement des ondes se propagera successivement jusqu'à l'autre bout du canal; mais ces oscillations se feront sentir d'autant plus tard que la distance à la mer sera plus grande. Telle est l'idée qu'on doit se faire du retard des marées dans les différens ports. Nous nous occuperons des moyens d'en annoncer les retours.

Digitized by Google

114. L'attraction de la Lune sur les mers est incontestable, et l'on doit juger que l'atmosphère doit céder encore plus facilement à son action. C'est peut-être à cette cause qu'il faut rapporter la croyance où l'on est que les phases lunaires déterminent les grands changements de temps. Cette opinion, que dément sans cesse l'observation, est une erreur accréditée qui probablement n'est pas prête à finir, puisqu'en contradiction perpétuelle avec les faits, elle résiste partout à l'évidence. Au lieu d'avouer qu'on ignore la cause des variations atmosphériques, on a préféré les attribuer à la Lune, comme on lui a accordé mille autres vertus aussi chimériques.

En effet, si les rivages, en s'opposant à l'envahissement des mers, causent deux marées par jour, la grande mobilité de l'air ne permet pas un effet semblable dans l'atmosphère, qui changerait deux fois par jour l'état météorologique; nous n'observons pas qu'aux syzygies les vents changent leur force et leur cours. Si donc l'action lunaire est incontestable, elle n'est qu'un des élémens les moins importans de ce grand problème. L'état électrique de l'air, le lieu du Soleil dans l'écliptique, le mouvement de la Terre, la direction et la force des vents, la température, paraissent avoir une influence bien plus marquée, et enfin on ne voit pas que les vents, ni les pluies, attendent le retour des phases pour exercer leur action ; ni que tous les pays aient le même temps, comme ils ont les mêmes phases.

Masses et densités des Planètes.

115. Les grandes montagnes de notre globe produisent aussi une attraction sur les corps qui en sont voisins. Qu'un astronome, au sud de la montagne, observe une étoile vers le nord ; si le fil-à-plomb est influencé par l'attraction et écarté de la direction verticale, le zénith apparent, ou le point du ciel qui est sur la ligne de ce fil-à-plomb, reculera au sud, et la distance de l'étoile au zénith sera trop grande.

Mais si le fil-à-plomb est dévié lorsqu'on est au sud de la

montagne, il l'est en sens contraire qnand on se place du côté du nord. Ainsi, une observation faite dans cette région donnera une antre distance zénithale fautive. Dans le premier cas, le zénith a recnlé au snd; ici il recnlera au nord de la même quantité. La moitié de la différence de ces deux distances est l'arc dont l'attraction de la montagne a écarté le pendule de la direction verticale. Bouguer a en effet trouvé $7'' \frac{1}{2}$ de déviation près du Chimboraço. (Voy. *Connaissance des Tems*, 1819.)

Cette déviation explique très bien la discordance des résultats obtenus dans la mesure de la Terre par des géomètres également dignes de foi. Hutton a même employé cette action des montagnes à la recherche de la densité du globe, en comparant leur masse à la distance dn corps attiré. Maskeline avait trouvé que le Schehallien, en Écosse, fait dévier le fil-à-plomb de près de 6", et il en a concln que la densité de cette montagne est les $\frac{5}{9}$ de celle de la Terre, et comme il snit d'un examen lithologique qne la première est 2,8, il en résulte que la densité moyenne du globe est 5 fois celle de l'eau.

Il est vrai qu'nne anssi pctite déviation dn fil-à-plomb ne peut mesurer avec précision une masse anssi grande : cette densité est en effet nn pen trop faible; ainsi qu'on le voit par l'expérience de Cavendish, qui est bicn plus concluante, étant faite avec la balance du torsion, imaginée par Coulomb, pour mesurer de petites forces dont elle augmente les effets.

Un fil de laiton est fixé à son bout supérieur, et tendu verticalement par un poids faible suspendu au bas; on dispose à ce bout une aiguille horizontale que la plus légère impulsion fait mouvoir, en tordant le fil métallique qni la supporte, d'nne valeur angulaire proportionnelle à la force de torsion. Ce fil se tord, et sa résistance à l'action imprimée épuise pen à pen la vitesse; l'aiguille s'arrête alors un moment au *maximum* d'écartement; l'élasticité du fil le force à se détordre, et l'aiguille revient à sa position initiale; mais alors la vitesse acquise l'oblige à se tordre en sens contraire, cn s'écartant du côté opposé, d'une valeur angnlaire presque égale à la première. Après diverses oscillations, l'aiguille finit par revenir au repos

dans le point même de départ, semblable à un pendule qui ne répare pas les pertes qu'il éprouve par le frottement et la résistance de l'air.

Or, on sait qu'une sphère homogène de plomb, par ex., exerce son action comme si sa masse était réunie au centre. En la présentant à l'aiguille, il est aisé de connaître l'intensité de l'attraction par la durée des oscillations qui en résultent. Comparant ensuite la longueur de l'aiguille à celle d'un pendule que la gravité ferait osciller de la même manière, on en déduit le rapport de la force d'attraction de la sphère de plomb à celle de la gravité, qui n'est que l'action exercée par la masse entière du globe sur les corps placés à sa surface. On a donc ainsi le rapport des masses de la sphère de plomb et de la Terre, et par suite celui des densités. Nous ne pouvons ici qu'indiquer le procédé, sans parler des précautions qu'il a fallu prendre pour écarter tout ce qui pouvait nuire au succès de cette belle expérience, et pour donner au résultat le degré d'exactitude dont elle était susceptible. On trouvera le calcul exposé dans le t. II de la *Mécanique* de M. Poisson, p. 34. Cavendish a trouvé que la densité moyenne de notre globe est 5,48 fois celle de l'eau, ainsi que l'illustre Newton l'avait prévu. (*Voy.* les *Trans. Phil.*, 1798.)

116. Si la Terre devenait tout à coup deux fois plus dense, tous les corps y peseraient deux fois plus, puisque l'attraction est proportionnelle à la masse, et que cette masse étant à peu près sphérique, attire comme si elle était condensée à son centre. Un changement de masse se manifesterait par un changement proportionnel de vitesse; au lieu de tomber de 4,9 mètres dans la première seconde de sa chute, le corps devrait tomber de 9,8 mètres. On voit donc comment la vitesse de la chute d'un corps vers un autre, peut faire connaître le rapport de leurs masses. Ce que nous avons dit pour la Lune (p. 180) comparée à la Terre, disons-le pour la Terre par rapport au Soleil.

Soit (fig. 28) le Soleil en S et la Terre en A : la vitesse de

notre globe tend à le faire passer de A en B dans un temps très court; mais l'attraction solaire l'amène en C; BC est donc la quantité dont la Terre tombe dans cette durée. Comme elle décrit une courbe presque circulaire en 365 jours et un quart, il est aisé de calculer le petit arc AC qu'elle parcourt sur son orbite en une seconde de temps, et par suite la longueur BC dont le Soleil fait tomber la Terre. Et puisque les corps tombent ici de $4^m,9$ dans cette durée, nous avons tous les éléments pour conclure le rapport des masses du Soleil et de la Terre. C'est ainsi qu'on trouve que la première est 354936 fois la seconde ; ou en d'autres termes, si l'on mettait le Soleil dans le plateau d'une balance, il faudrait, pour faire équilibre, mettre dans l'autre plateau 354936 globes comme la Terre.

Puisque les masses des corps célestes font éprouver des perturbations aux corps qui en sont voisins, on peut encore obtenir ces masses par l'étude de ces petits déplacements. Mais ceux qui ont des satellites permettent de faire le calcul avec plus de précision. On remarque que les satellites sont si petits par rapport à leur planète, et celle-ci est si éloignée du Soleil, que l'action d'une planète et de ses satellites est la même que si leurs masses étaient réunies à leur centre commun de gravité : ainsi les autres corps célestes ne sont influencés que par un point matériel doué de la masse collective. Les masses des satellites sont d'ailleurs négligeables, dans une première approximation, comparativement à celle de la planète, comme celle-ci l'est par rapport au Soleil : on corrige ensuite le résultat que donne cette supposition.

On démontre que si l'on divise le cube du grand axe d'une planète par le carré de sa révolution sidérale; et qu'on divise de même le cube du grand axe d'un de ses satellites par le carré de sa révolution autour de la planète; le rapport de ces deux quotients est égal à celui des masses du Soleil et de la planète. C'est ainsi qu'on a déterminé les masses des corps qui ont des satellites. Les dernières recherches de MM. Airy et Santini ont donné pour la masse de Jupiter le 1049e de celle du Soleil, ou 338 fois celle de la Terre.

Les densités étant les quotients des masses divisées par les volumes, sont ensuite faciles à obtenir.

La Table XIII contient les rapports des masses et des densités de ces planètes. On voit que la masse du Soleil est environ 355 mille fois celle de la Terre, mais que sa densité n'en est que le quart; qne la masse de Vénus est presque égale à celle de la Terre, et sa densité nn pen inférieure, etc.

La masse de la Lnne se dédnit de l'intensité de son action dans les marées; elle est 0,0128 (environ le 78e) de celle de la Terre; et comme son volume en est le 49e, la densité lunaire est 0,615, on à peu près les $\frac{5}{8}$ de celle de notre globe.

La même Table XIII fait connaître la pesanteur à la surface des planètes. Un poids transporté, par exemple, à la surface du Soleil, y deviendrait tout à coup près de 28 fois ce qu'il est ici, du moins abstraction faite de la force centrifuge due à la rotation de ce globe immense (*). Ce résultat suit de ce que l'action attractive croît comme les masses et décroît comme les carrés des distances. On peut donc en calculer la grandeur pour une planète dont on connaît la masse et le volume. On voit aussi dans ce tableau qu'au lieu de tomber, comme ici, de 15 pieds dans la 1re seconde, les corps tombent à la surface solaire de 314 pieds.

On a supposé que les planètes étaient habitées par des êtres vivants; mais les conditions de leur existence y seraient tellement différentes de ce que nous connaissons snr la Terre, que l'analogie nous manque pour tirer nne semblable conclusion, et que nous ne pouvons nons former aucune idée de l'organisation de ces

(*) Le calcul montre qu'il faudrait dix milliards d'attelages chacun de dix millards de chevaux pour traîner la masse terrestre, sur un sol semblable à ceux où roulent nos voitures. Que penser des notions poétiques qui faisaient traîner par 4 chevaux, le Soleil, qui est 355 mille fois plus pesant! On trouve aussi qu'un homme du poids de 60 kil., qui serait transporté à la surface de Jupiter, en pèserait tout à coup 163, comme si l'on eût chargé ses épaules du poids de 103 kil; mais à la surface du Soleil, il serait écrasé sous sa propre masse, rendûe 28 fois plus pesante.

êtres. La Lune n'ayant ni atmosphère, ni liquides, ne pourrait être habitée par des individus renfermant des fluides, ayant besoin d'air pour respirer, et même pourvus de membres articulés, puisque aucun liquide ne lubréfierait les articulations. Récemment on s'est amusé à créer par imagination des individus dans la Lune ; on a prétendu les avoir vus, ainsi que leurs villes et leurs campagnes : ces folies ne seraient que risibles, si l'on n'avait essayé de les faire croire en les attribuant à M. Herschell.

Si les planètes, dit ce savant, sont habitées comme notre Terre, les conditions de la vie animale doivent y être modifiées sous trois rapports principaux : d'abord en raison de la différence des quantités de lumière et de chaleur qu'elles reçoivent du Soleil; en second lieu, à cause des inégalités dans l'intensité de la pesanteur à leur surface; troisièmement, à cause de la diversité de nature des matières qui les constituent, à en juger d'après ce que nous savons de leurs densités moyennes. L'intensité de la radiation solaire est environ 7 fois plus grande pour Mercure que pour la Terre, et pour Uranus 330 fois moindre : de sorte que, si l'on compare les deux termes extrêmes, le rapport sera celui de 2000 à 1. Que l'on se figure l'état de notre globe, si la radiation solaire était septuplée, ou réduite à sa 300ᵉ partie.

Dans Mercure, la résine, la cire seraient liquides comme l'huile chez nous; certains métaux y seraient constamment à l'état liquide, comme le mercure de nos baromètres; notre eau, nos liqueurs spiritueuses n'existeraient qu'à l'état de gaz. Dans la froide planète Uranus au contraire, dont la distance au Soleil est 19 fois plus grande que celle de la Terre, l'eau, si elle y existe, doit être semblable au cristal, et il faut, pour l'obtenir liquide, la faire fondre comme nous fondons le verre. Nos huiles y auraient la consistance de la résine, et le mercure pourrait y être laminé, comme nous laminons le plomb et l'argent.

D'un autre côté, l'intensité de la pesanteur, ou la puissance répressive de la force musculaire et de l'activité animale, est à peu près triple sur Jupiter de ce qu'elle est sur la Terre ; sur

Mars elle n'est que le tiers de la pesanteur terrestre; sur la Lune, le sixième; sur les quatre petites planètes, probablement $\frac{1}{20}$ seulement. Les termes extrêmes de cette échelle sont dans le rapport de 6 à 1.

Enfin, la densité de Saturne n'est guère que le huitième de la densité moyenne de la Terre, en sorte que les matériaux constitutifs de cette grosse planète, ne doivent pas être beaucoup plus denses que le liége.

D'après la variété des combinaisons entre des éléments dont l'influence sur la vie est si grande, quelle diversité ne faut-il pas admettre dans les conditions de ce grand problème, qui a pour objet la conservation de l'existence animale et intellectuelle, etc. (Traduction de M. Cournot, p. 325.)

Des Comètes.

117. Les comètes, qu'on regardait jadis comme des météores engendrés dans l'atmosphère, sont de véritables astres très éloignés de la Terre; ce sont des planètes qui décrivent des ellipses excessivement allongées dont le Soleil occupe le foyer; elles sont souvent accompagnées d'une *queue* vaporeuse à travers laquelle on peut distinguer même les petites étoiles. Ce n'est d'abord qu'une *nébulosité* qui entoure la comète, s'accroît à mesure qu'elle approche davantage du Soleil, et forme quelquefois une immense traînée qui atteint parfois jusqu'à 90° de longueur. Les figures des comètes sont d'ailleurs très variables; la queue de celle de l'an 371 avant notre ère occupait un tiers du ciel, au rapport d'Aristote; celle de l'an 130 avant J.-C., à la naissance de Mithridate, parut durant 80 jours aussi grosse que le Soleil. Dix ans avant, on en avait vu une qui semblait embraser tout le ciel; Justin rapporte qu'elle avait un éclat supérieur à celui du Soleil, et qu'elle occupait le quart du ciel (liv. 37, chap. 2). La comète de l'an 45 avant notre ère fut très belle, et l'on supposa, après le meurtre de Jules-César, qu'elle était venue annoncer cet événement. Celle de l'année 117 était,

dit-on, très effrayante. Suivant Fréret, celle de 479 a pu éclipser extraordinairement le Soleil. En 400, on en vit une qui, sous la forme d'une épée, s'allongeait du zénith à l'horizon. Celle de 531, surnommée Lampadias, fut très grande et très effrayante. La Lune était moins grosse en apparence que celles qu'on vit en 1066 et 1505.

Au reste, il y a lieu de croire qu'on a mêlé beaucoup d'exagération à la vérité; et depuis qu'on étudie mieux la nature, on n'a aucun exemple de comètes d'un volume et d'un éclat aussi extraordinaires. Les plus remarquables ont paru en 837, 1106, 1402, 1456, 1532, 1618, 1680, 1759, 1769 et 1811. Celle de 1618 avait une queue de 104 degrés de longueur; celle de 1680, l'une des plus célèbres et des plus remarquables, avait une queue de 70 à 90 degrés; celle de 1744 avait 6 queues disposées en éventail (fig. 32). Il en est au contraire qui n'ont ni queue, ni même cette sorte de lumière troublée qu'on nomme *barbe*, ou *chevelure*, ou *nébulosité*. Les phases qu'on a observées dans celle de 1744 ont fait croire que ces astres sont des corps opaques, formés d'un *noyau* qu'accompagne une traînée vaporeuse, d'intensité et d'étendue variables. L'opinion de l'opacité des comètes est confirmée par les dernières expériences de M. Arago sur la polarisation de la lumière de celle de l'année 1819.

Une comète n'a jamais de queue lorsqu'elle est loin du Soleil; mais dès qu'elle en est à 30 millions de lieues, cette vapeur commence à naître, et croît en étendue tant qu'elle se rapproche de l'astre : le développement a acquis sa plus grande dimension peu après le périhélie. Ensuite, à mesure que la comète s'éloigne du Soleil, la queue diminue par les mêmes degrés; elle n'est bientôt plus qu'un nuage, et enfin la comète même cesse d'être perceptible.

On remarque que la queue d'une comète est toujours dirigée selon le prolongement de la droite qui joint ce corps au Soleil; si la comète est à l'orient de cet astre et se couche après lui, la queue se porte vers l'est; elle va à l'ouest quand la comète est à droite du ⊙ et se lève avant lui. Ces apparences ont fait croire que

la queue des comètes n'est qu'un torrent de vapeurs élevées par la chaleur du Soleil, et chassées par le choc des molécules de la lumière qne cet astre lance, vapeurs qui se condensent dans la région où elles se trouvent poussées. Ces vapeurs, en s'écartant du centre, ont moins de vitesse que ce corps et restent un peu en arrière, comme si cette matière s'éloignant, la queue éprouvait de la résistance : mais on ignore ce qui donne une figure courbée à l'extrémité de la queue, et cette explication ne suffit pas pour rendre compte des formes bizarres que présentent quelquefois les comètes, et particulièrement celle de 1744 qui avait 6 quenes. (*V.* fig. 32.)

La proximité du Soleil, la continuité de la transmission, doivent rendre l'accumnlation de chaleur énorme et capable de tout fondre et vaporiser dans les comètes : il peut même arriver que le noyau perde sa solidité. Celle de 1680 avait 0,006 pour distance périhélie, ou le 64ᵉ de celle de Mercure; elle fut 166 fois plus proche que nous du Soleil : la chaleur qu'elle en reçut fut 28 mille fois plus grande que celle qne cet astre communiqne à la Terre; températnre environ de 2000 fois plus élevée que celle du fer en fusion, et 27500 fois plus forte que celle de nos étés. Il faudrait au moins 50 mille ans pour refroidir ce corps au milieu des circonstances physiques où nous vivons, s'il avait le volume de notre globe et la température du fer en fusion.

Au télescope, la queue des comètes est peu visible ; cette vapeur, ce brouillard léger ne peut être perceptible, si ce n'est par son épaisseur. Le noyau est même une substance si rare, que lorsque la comète de 1811 a passé devant quelque étoile, événement d'ailleurs assez rare, on prétend avoir aperçu celle-ci à travers la substance même du noyau, sous l'apparence d'un point stellaire. Les petites comètes télescopiques sont privées de noyau, et ne présentent qu'un nuage moins dense que les plus légers brouillards qui flottent dans l'air.

118. Les comètes diffèrent des planètes, non-seulement par les apparences qu'elles offrent, mais aussi par la diversité de

leurs mouvements, qui n'affectent plus la direction d'occident en orient, ni un orbe peu incliné à l'écliptique et peu excentrique, quoique plusieurs de ces corps réunissent ces circonstances.

En général, ces orbes sont des ellipses excessivement allongées; et comme la comète n'est visible pour nous que lorsqu'elle est proche du périhélie, cette orbite se confond sensiblement alors avec une parabole, sorte de ligne courbe qui est ouverte, et qu'on peut assimiler à une ellipse dont le grand axe est infini. Lorsqu'une comète apparaît, les astronomes l'observent trois fois à la machine parallactique, pour en obtenir les asc. dr. et déclin. (p. 17); trois points de la courbe suffisant pour déterminer une parabole, on en conclut tout le cours visible et parabolique. Ainsi trois observations, même rapprochées, donnent la distance du périhélie, la position de ce point, l'époque du passage et les nœuds : de là résulte l'heure du lever et du coucher pour tout le temps de l'apparition, les étoiles qui en seront voisines.... Près de cent comètes, observées avec soin, ont leurs orbites exactement représentées par cette courbe, dans la partie visible pour nous : ainsi ce fait est hors de doute. Dans la région où l'astre échappe à nos regards, il achève son immense ellipse : il se peut même que plusieurs de ces corps décrivent en effet des paraboles ou des hyperboles, et qu'ils ne reviennent jamais vers nous. Burckhardt croit que celle de 1771 décrivait une hyperbole. Le Soleil occupe le foyer de toutes ces orbites.

La détermination du mouvement d'une comète exige la connaissance des sept mêmes éléments que pour l'orbite d'une planète (*voy.* p. 171), et en outre il faut savoir si la marche est *directe* ou *rétrograde*, c'est-à-dire si la longitude va en augmentant ou en diminuant: car les comètes ne sont pas, comme les planètes, soumises à la loi du mouvement d'occident en orient.

Les comètes ont, comme le ciel entier, le mouvement diurne, qui n'est que l'effet de notre rotation en 24^h; elles obéissent aux lois de Képler, comme tous les corps célestes de

notre monde; mais le calcul ne se prête pas facilement, comme pour les planètes, à déterminer leur retour, parce que, d'un petit arc observé, on veut conclure l'orbe entier. Les planètes sont presque toujours visibles, et des observations nombreuses ont pu conduire à corriger les éléments de leur mouvement. Il faudrait aussi plusieurs réapparitions de la même comète pour en connaître, avec précision, les retours périodiques; mais on ne peut juger que par l'égalité de grandeur des éléments observés, qu'un de ces astres soit le même que celui qu'on a déjà vu: cette comparaison est le seul moyen de résoudre le problème.

119. Nous exposerons ici les causes qui nous ont empêchés jusqu'à présent de prédire le retour des comètes et d'en connaître les orbites.

1°. Ces astres ne sont visibles que dans une petite partie de leur cours, qui, étant très proche du ⊙ est parcourue avec une vitesse prodigieuse. Mais plus l'ellipse s'allonge, et plus la marche se ralentit avec l'action solaire; de telle sorte qu'il se peut que, vers l'apogée, l'astre soit presque immobile et ne puisse revenir à nous qu'après des milliers d'années.

2°. On n'observe avec soin que depuis 200 ans, et beaucoup de comètes ont dû échapper aux yeux. Sans parler de ces quatre atomes nouvellement découverts, nageant dans l'immense sphère qui sépare Mars de Jupiter, Uranus, dont le cours est de 84 ans, avait déjà été observé par quatre astronomes, et cependant n'a été reconnu pour une planète qu'en 1781; et Mercure, dont la révolution est de 88 jours, et qui est si difficile à voir sans secours optiques, que Copernic mourut avec le regret de ne l'avoir jamais aperçu.

D'ailleurs, outre qu'une comète peut n'être que sur l'horizon des régions australes, si elle est sur le nôtre durant le jour, nous ne la verrons pas, bien qu'elle soit sous nos yeux. Cette belle comète, que les astronomes n'ont vue en juillet 1818 qu'après le peuple, elle était présente, dans tout son éclat, mais en plein jour, long-temps avant sa découverte. Celle qui

parut 60 ans avant notre ère, au rapport de Sénèque, ne fut visible qu'à la faveur d'une éclipse totale de Soleil, parce qu'elle était trop voisine de cet astre.

3°. Les apparences que présentent les comètes sont très variables puisqu'elles dépendent du lieu qu'occupe la Terre lorsqu'elles se présentent, lieu qui varie dans une orbite de 70 millions de lieues de diamètre. Ainsi une comète qui a été très belle, peut l'être très peu à son retour, ou même n'être pas du tout visible, quoique existante sous nos yeux; sa queue peut avoir disparu.... Tant de circonstances concourent à ces changements d'aspects! La comète de 1811 était à peine visible en avril et mai; elle s'est alors plongée dans les feux du Soleil, et n'a reparu qu'à la fin d'août, au-delà du périhélie; mais quelle différence d'éclat, et combien le spectacle qu'elle offrait était magnifique et étonnant! qui aurait pu la reconnaître pour le même astre? On ne peut donc s'en fier qu'à l'égalité des éléments de l'orbite, pour être assuré que deux apparitions sont relatives au retour de la même comète. Mais si l'attraction de Jupiter, Saturne, Uranus, change ces éléments, comment reconnaître l'astre?

4°. La plus forte des causes d'erreur est dans l'observation. Les petites comètes ne sont que des points vaporeux; les grandes forment un nuage variable et mal terminé. La comète de 1729 fut visible durant 6 mois, trois astronomes en ont calculé l'orbite, et leurs résultats ne s'accordent pas. Lequel a raison? Les comètes de 1762, 1763, 1743, 1759, 1766, offrent de semblables remarques. Quel est le moyen de prédire les retours, avec des éléments aussi défectueux?

On ne sera donc pas surpris si, sur 130 comètes dont on a calculé la marche, *il n'y en ait que trois dont on soit certain de prédire les retours.*

La première est celle qui porte le nom de Halley. Cet astronome la vit en 1682: il remarqua que les éléments de son orbite étaient les mêmes à peu près que ceux des comètes aperçues en 1531 et 1607; il en conclut qu'elle fait sa révolution en 76 ans environ, période plus courte que celle d'Uranus. Elle avait

paru en 1006, semblait 4 fois plus grande que Vénus, et jetait le quart de la lumière de la Lune. L'histoire n'a rien appris sur ses retours, jusqu'en 1456 qu'elle passa près de la Terre : sa queue occupait environ 60° du ciel, et avait la forme d'un grand sabre. Cette apparition, qui avait lieu à l'époque où les Turcs venaient de s'emparer de Constantinople, devint un sujet général d'effroi, surtout lorsqu'on vit cette comète s'approcher de la Lune dans son plein, à l'instant même d'une éclipse. Halley prédit son retour pour 1757, mais on ne l'aperçut pas; Clairaut montra, en 1758, qu'elle avait dû être retardée de 618^j à cause de l'action de Jupiter et de Saturne; en effet, elle ne passa au périhélie que vers le 12 mars 1759. « Cette comète, qui n'avait été vue qu'avec effroi en 1456, excita alors un vif intérêt. La longue queue qu'elle traînait après elle avait autrefois répandu la terreur dans l'Europe, consternée des succès rapides des Turcs, qui venaient de détruire l'Empire grec. Le pape Calixte ordonna à ce sujet une prière par laquelle on conjurait la comète et les Turcs : dans ces temps d'ignorance, on était loin de penser que le seul moyen de connaître la nature, est de l'interroger par l'observation et le calcul. Suivant que les phénomènes arrivaient et se succédaient avec régularité, ou sans ordre apparent, on les faisait dépendre des causes finales ou du hasard; et lorsqu'ils offraient quelque chose d'extraordinaire et semblaient contrarier l'ordre naturel, on les regardait comme autant de signes de la colère céleste. Mais ces causes imaginaires ont été successivement reculées avec les bornes de nos connaissances, et disparaissent entièrement devant la saine philosophie, qui ne voit en elles que l'expression de l'ignorance où nous sommes des véritables causes. » (*Syst. du Monde*, IV, 4.)

Cette comète est apparue de nouveau en 1835. M. Arago (*Annuaire* de 1836) examine la question controversée de savoir si les comètes s'évaporent dans l'espace, et si elles perdent ainsi peu à peu de leurs dimensions et de leur éclat : il montre que, du moins pour la comète de Halley, cette opinion n'est pas fondée, et que ce corps a conservé l'éclat qu'on lui avait

reconnu antérieurement. Ce savant rapporte les singuliers aspects que l'on aperçut. Dans la nébulosité circulaire nommée *chevelure*, on voyait un secteur dont les côtés se dirigeaient vers le centre, et dont la lumière surpassait notablement celle de tout le reste de la nébnlosité ; le lendemain, ce sectenr avait disparu, pour en laisser voir un antre opposé, ayant 90 degrés d'ouverture : ensuite on a vn reparaître le premier secteur, mais moins lumineux. Peu à près on vit trois secteurs : enfin M. Amici vit, à Florence, six rayons lumineux très vifs. Ces singulières apparitions sont complétement inexplicables. Du reste, notre savant académicien a conclu de ses expériences que la lumière des comètes est, du moins en grande partie, la réflexion de celle dn Soleil.

Les denx autres comètes dont on sait prédire les retours sont *à courte période*, parce qu'elles reviennent au périhélie, l'une après 1208 jours, l'autre après 2440 jonrs. La première porte le nom de M. Encke, l'autre celui de M. Biela, parce qne ces astronomes en ont calculé le cours, ou reconnu la périodicité. La comète de Encke a été vne avec et sans noyau, avec et sans qneue, et sous des apparences diverses, en 1786, 1795, 1801 et 1805 ; on aurait dû la revoir en 1808, 1812 et 1815 ; mais elle nous a échappé, dans ces trois retonrs, par son extrême petitesse et les causes que nous avons exposées; mais elle a reparu en décembre 1818. C'est depuis lors qne M. Encke en a déterminé la marche. On s'attendait à revoir cette comète en 1822, et cette espérance ne fut réalisée qu'à Paramatta, dans la Nouvelle-Galles méridionale, où on l'a observée durant tont le mois de juin. Son passage au périhélie n'a différé qne de 3^h, des prédictions de M. Encke. Les retours, en septembre 1825, et mai 1832, ont également été prédits et vérifiés. Cette comète, que l'action de Mercure influence fortement, a beaucoup d'analogie avec Cérès, dont elle a l'inclinaison et le grand axe ; sa révolution sidérale est de 46 jours moindre que celle de Vesta ; le périhélie tombe dans l'orbite de Mercure ; l'aphélie entre les orbes de Jupiter et des nouvelles planètes.

Quant à la comète de M. Biela, on est moins certain de

sa marche ; mais on l'a vue en 1772, 1805, 1826 et 1832 ; c'est une des moins belles et qui approchent le plus de la Terre.

Il y a bien encore deux autres comètes dont on croit connaître la marche ; mais comme les retours n'ont pas encore été vérifiés, on attend que l'observation vienne confirmer cette espérance. La première est celle de 1680, dont Newton a fait le sujet de ses recherches, et qui lui attribue une révolution de 575 ans : ce serait, suivant lui, la même qui aurait apparu en 1106, 531, —34, —619,... : la deuxième est celle qui a été vue en 1264 et 1556, à laquelle on attribue une révolution de 292 ans, et qu'on attend en 1848.

120. De toutes les comètes connues, celle de 1472 s'est le plus approchée de la Terre ; elle paraissait si rapide dans sa course, qu'elle décrivit en un jour 120° du ciel, rétrogradant à travers la Vierge, le Lion et le Cancer. Celle de 1770, calculée par Lexell, n'était éloignée de nous que 6 fois la distance de la Lune (400 rayons terrestres, ou 600 mille lieues); sa distance au Soleil était 0,0154. Elle n'a cependant tourmenté que les astronomes, embarrassés d'en déterminer le mouvement. S'il n'est pas impossible que quelque comète rencontre la Terre, il y a des millions de probabilités contre cet événement; il faudrait un hasard bien extraordinaire pour que deux corps aussi petits, mus dans un espace immense, avec toutes les vitesses, dans des orbes de toutes dimensions, et sous toutes les inclinaisons, vinssent à se rencontrer. Au reste, cet infini disparaît devant un autre, qui est le temps ; la durée indéfinie permet de concevoir tous les possibles réalisés ; et l'effet d'une pareille rencontre serait terrible. Voici quelques remarques de Laplace à ce sujet. (*Syst. du Monde*, IV, 4.)

« Il est facile de se représenter les effets du choc de la Terre par une comète. L'axe et le mouvement de rotation changés ; les mers abandonnant leur ancienne position pour se précipiter vers le nouvel équateur ; une grande partie des hommes et des animaux noyés dans ce déluge universel, ou détruits par la

violente secousse imprimée au globe terrestre ; des espèces entières anéanties ; tous les monuments de l'industrie humaine renversés : tels sont les désastres que le choc d'une comète a dû produire. On voit alors pourquoi l'Océan a recouvert de hautes montagnes, sur lesquelles il a laissé les marques incontestables de son séjour; on voit comment les animaux et les plantes du midi ont pu exister dans les climats du nord, où l'on retrouve leurs dépouilles et leurs empreintes; enfin on explique la nouveauté du monde moral, dont les monuments ne remontent guère au-delà de 5000 ans. L'espèce humaine, réduite à un petit nombre d'individus et à l'état le plus déplorable, uniquement occupée pendant très long-temps du soin de se conserver, a dû perdre entièrement le souvenir des sciences et des arts; et quand les progrès de la civilisation en ont fait sentir de nouveau les besoins, il a fallu tout recommencer, comme si les hommes eussent été nouvellement placés sur la Terre (*).

(*) Le célèbre Halley a le premier supposé que les révolutions de notre globe, attestées par tous les faits historiques, et par l'état où nous voyons sa surface, étaient produites par le choc de quelque comète. On a vu en Amérique un corps immense parcourir rapidement l'espace : en attribuant à ce mobile une masse 2000 fois moindre que celle de la Terre, et ayant la densité du granite, il formerait encore un globe de 217 lieues de diamètre; si ce corps eût rencontré la Terre avec une vitesse relative de 17 lieues par seconde, ainsi qu'on l'a évaluée, M. Olbers a calculé que le choc aurait réduit notre globe en éclats, comme l'ont peut-être été les quatre nouvelles planètes.

Il est permis de supposer aux *Aérolithes* une semblable origine : il en a existé d'immenses. Celui des *Trans. Philos.*, vol. 6, a été estimé à 120 millions de quintaux; quelques éclats ont seuls été projetés sur la Terre : sa vitesse était d'environ 7 lieues par seconde; il n'a passé qu'à 9 lieues de nous. S'il eût heurté la Terre, il en serait résulté des effets terribles, un bouleversement général, un changement de l'axe de rotation, etc. Il n'est donc pas impossible que les aérolithes soient des corps cosmiques mus dans l'espace suivant les lois de la gravitation, et qui ne sont sensibles pour nous que par les catastrophes de leur chute.

Nous ne connaissons les aérolithes que dans l'état où ils nous arrivent, après avoir traversé l'atmosphère, où probablement ils se sont constitués en état d'incandescence, et même de fusion; car on en a vu qui avaient mani-

« Quoi qu'il en soit de cette cause assignée par quelques philosophes à ces phénomènes, je le répète, on doit être parfaitement rassuré sur un aussi terrible événement, pendant le court intervalle de la vie. Mais l'homme est tellement disposé à recevoir l'impression de la crainte, que l'on a vu, en 1773, la plus vive frayeur se répandre dans Paris, et de là se communiquer à toute la France, sur la simple annonce d'un Mémoire, dans lequel Lalande déterminait celles des comètes observées qui peuvent le plus approcher de la Terre : tant il est vrai que les erreurs, les superstitions, les vaines terreurs et tous les maux qu'entraîne l'ignorance, se reproduiraient promptement, si la lumière des sciences venait à s'éteindre. »

S'il est vrai, comme on le croit, que la comète de Newton achève 7 révolutions en 4028 ans, elle a dû passer près de la Terre 2349 ans avant J.-C., année vers laquelle on rapporte le déluge de Moïse.

121. Les comètes n'ont que fort peu de masse; ce n'est qu'une sorte de vapeur très condensée : aussi les astronomes n'ont jus-

---

festement subi cette épreuve, et étaient encore brûlants à l'instant de leur chute. Sur 240 de ces météores, étudiés par M. Chladni, plusieurs ont apparu comme des queues, des bandes, des fusées de lumière qui se rassemblaient en globe de feu; on en a observé la course rapide et entendu les explosions. Les *étoiles filantes* ne sont peut-être que des débris, que des points lumineux et errants, des espèces de petites comètes rendues visibles dans la traversée de notre atmosphère, par la chaleur prodigieuse qu'y développe leur marche excessivement rapide. Le volume de plusieurs aérolithes a surpassé celui des nouvelles planètes, puisque Cérès n'a que 67 lieues de diamètre. Le corps qui est tombé dans la Calabre, en mars 1813, a été accompagné de circonstances extraordinaires qui ont pu faire prendre ces pierres pour des débris de quelque masse cométaire. En effet, on vit venir de la mer, du côté de l'est, un nuage rouge qui répandit partout les ténèbres et l'effroi. On entendit dans l'air un bruit épouvantable et un mugissement semblable à celui de la mer irritée; on vit des éclairs et des traînées de feu; il tomba de grosses gouttes d'eau, des pierres et un sable rouge qui couvrit tout à la ronde. Ce sable était un composé d'argile, de chaux, de fer et de chrôme.

qu'ici remarqué aucun dérangement causé par les comètes, même dans leur plus grand rapprochement. Celle de 1770, qui a été très voisine de la Terre, n'a apporté aucun trouble dans notre mouvement. Laplace a calculé qne si sa masse eût égalé celle de la Terre, l'action de cette comète eût augmenté l'année sidére de $2^h\ 28'$. Sa masse n'était certainement pas la 5000e partie de celle de notre globe, et probablement bien moindre encore, puisqu'elle a passé entre Jupiter et ses satellites sans y causer la moindre perturbation. Les masses des comètes sont fort petites, et loin d'altérer le mouvement des planètes, elles doivent en éprouver elles-mêmes l'influence. Voilà pourquoi quelques-nnes peuvent avoir lenrs orbes elliptiques changées en paraboliques, ou même en hyperboliques : mues dans des courbes ouvertes, elles doivent alors s'éloigner de nous ponr n'y revenir jamais, et s'écartant du Soleil à toutes distances, entrer dans la sphère d'attraction de quelque autre étoile, ponr en devenir le satellite, ou pour continuer une nouvelle parabole ; changeant ainsi sans cesse de foyer d'attraction, elles peuvent s'y précipiter et y être absorbées.

C'est ainsi que la comète de 1770, observée dans un arc de 170°, devait, suivant Lexell, reparaître tous les 5 ans et demi: les calculs ont été faits et refaits avec soin, et cependant elle n'avait jamais été aperçue et n'a plus reparu depuis. Il n'y a nul doute que l'attraction de Jupiter et de Saturne, entre lesquelles était son aphélie, ne l'ait d'abord détournée vers nons pour la rendre visible en 1770, d'invisible qn'elle était avant; mais 9 ans après, ces mêmes planètes, par une action contraire, ont pu altérer de nouveau les élémens de l'orbite et rendre la comète invisible à jamais, ou du moins inpossible à reconnaître.

La substance qui compose les comètes nous est inconnne, et même on peut ne voir qu'une supposition probable dans la cause à laquelle nous avons attribué la queue qui les accompagne. En 1811, M. Chladni a remarqué une ébullition prodigieuse ; l'ondulation se portait, en 2 à 3", de la comète au bout de sa queue, trajet de 4 millions de lieues. Quelle activité in-

concevable! quelle prodigieuse vitesse! Elle surpasse toute conception et même la vitesse de la lumière. La queue de la comète de 1807 a offert à M. Chladni la même observation; ainsi il n'y a pas lieu d'en douter. Les anciens croyaient généralement, avec Aristote, que les comètes étaient des météores ignés, des vapeurs émanées de la terre, qui se condensaient dans l'air. Cette opinion ne peut aujourd'hui soutenir l'examen; on est assuré que les comètes sont des corps cosmiques mus, comme les planètes, par une impulsion primitive et par l'attraction du Soleil. Mais de quelle nature est la substance qui les forme? voilà ce qu'on ignore absolument. Quelque pénible qu'il soit pour la vanité humaine d'avouer sa pénétration vaincue, elle trouve ici une compensation bien glorieuse dans le grand nombre de théories qu'on a découvertes, surtout lorsqu'on envisage les immenses difficultés qu'il a fallu surmonter pour arriver à cette connaissance si étonnante : on ne doit d'ailleurs avoir que de faibles regrets d'ignorer une chose qui n'intéresse que très peu la science astronomique.

On ne voit guère les comètes pendant plus de six mois. Celles qui ont été le plus long-temps visibles, sont : en 64, sous Néron; en 603, au temps de Mahomet; en 1240 ; en 1729; enfin en 1811.

Le nombre des comètes est pareillement inconnu; sur 137 qu'on a observées dans les dix derniers siècles, il y en a 72 qui l'ont été depuis l'invention des télescopes. Sans doute un beaucoup plus grand nombre de ces astres a échappé. On n'en a vu que 2 dans le 13e siècle, et 2 dans le 14e, parce qu'on n'a porté son attention que sur ceux qu'une longue queue rendait remarquables; nous ne pouvons découvrir que ceux dont le périhélie est plus voisin que nous du Soleil. Il y a peut-être plus de 250 mille comètes qui s'approchent plus du Soleil qu'Uranus, et dont nous n'aurons jamais connaissance.

On attribuait jadis à ces astres une influence funeste. Les sciences ont enfin dissipé ces terreurs, autant que le peu d'accord des événemens avec les prédictions. La comète de 1664, dans la constellation du Corbeau, devait causer la mort de tous

les souverains, et cependant l'année s'est écoulée sans qu'aucun mourût. Les deux comètes de 1402, ornées d'aigrettes, n'apportèrent d'autre malheur que la mort d'un duc de Milan : enfin celles qu'on a aperçues récemment au milieu de tant d'événemens, n'ont pas été accusées de les avoir produits. On a même été jusqu'à se féliciter des abondantes récoltes qui ont accompagné celle de 1811.

Dans l'Annuaire de 1832, M. Arago, après avoir exposé avec une grande clarté la théorie générale des comètes, et passé en revue celles qui offrent le plus d'intérêt, termine par l'examen de plusieurs questions : nous finirons ce chapitre en donnant l'analyse des conséquences que ce savant astronome tire de ses réflexions.

1°. *Une comète peut-elle modifier sensiblement le cours des saisons de la Terre, changer la température, etc.?* L'auteur prouve par les faits et le raisonnement que cela est impossible.

2°. *Une comète peut-elle venir choquer la Terre ou toute autre planète?* Il y a 281 millions à parier contre un que cet événement n'aura pas lieu dans un laps de temps très considérable, quoiqu'il ne soit pas absolument impossible qu'il se réalise dans une durée indéfinie.

3°. *Trouve-t-on dans l'ensemble des phénomènes astronomiques quelques raisons de supposer que des comètes soient jamais tombées dans le Soleil ou dans les étoiles?* Cet événement est en lui-même tout-à-fait possible, mais rien dans les annales astronomiques, ni dans les faits observés, n'autorise à penser qu'il ait eu lieu. L'opinion de Newton que le Soleil est alimenté par les comètes qu'il absorbe est dénuée de fondement. Celle de Buffon qui expliquait l'existence de notre système planétaire d'une manière analogue, n'est pas plus probable. Ce savant prétendait qu'une comète, en rasant dans sa course la surface solaire, en avait enlevé des parties incandescentes, qui s'étaient divisées en globes animés de vitesses différentes, et avaient été projetées au loin à diverses distances. M. Arago prouve que cet ingénieux système est inadmissible. Toutefois la comète de 1680, qui n'était éloignée à son périhélie que de la sixième par-

tie du diamètre solaire, finira tôt ou tard par tomber sur le Soleil par l'effet de l'attraction qui, en diminuant la force centrifuge, rapproche la comète de cet astre.

4°. *La Terre peut-elle passer dans la queue d'une comète? quelles seraient sur notre globe les conséquences d'un pareil événement? le brouillard sec de 1783, et celui de 1831, ont-ils été occasionnés par la queue d'une comète?* La matière cométaire diffuse a pu assez fréquemment entrer dans notre atmosphère; mais on n'a pu attribuer raisonnablement à cette cause aucune des maladies, aucun des faits physiques qui sont arrivés. Cet événement est sans danger pour la Terre; nous pouvons, sans nous en apercevoir, traverser la queue d'une comète, et ce n'est assurément pas elle qui a produit les brouillards secs.

5°. *Le déluge a-t-il été occasioné par une comète?* M. Arago après avoir exposé le système de Whiston, le renverse complétement; et s'il n'est pas prouvé qu'une comète n'a pas choqué la Terre et changé son mouvement dans l'espace, il l'est du moins que les effets de ce choc ne seraient pas ceux qui pourraient expliquer les faits géologiques attribués au déluge.

6° *La Sibérie a-t-elle jamais éprouvé un changement subit de climat par l'influence d'une comète?* Rien n'établit qu'une comète ait jamais joué quelque rôle dans les révolutions physiques que notre globe a éprouvées, et dont nous avons tant de traces sous nos yeux.

7°. *Est-il nécessaire de recourir à l'action d'une comète pour expliquer le climat rigoureux de l'Amérique septentrionale?* Halley croyait que cette action suffisait pour rendre raison de ce fait physique; mais cette théorie est, de tout point insuffisante, et aucun phénomène météorologique ne prouve que l'axe de la Terre ait jamais changé de position par le choc d'une comète.

8° *La dépression du sol dans une grande portion de l'Asie a-t-elle été produite par le choc d'une comète?* Cette vaste région cultivée et habitée, est beaucoup au-dessous du niveau de l'Océan; 18 mille lieues carrées sont ainsi enfoncées. M. de

Humboldt a prouvé que cet affaissement est dû au soulèvement des pays environnans qui contiennent les plus hautes montagnes de la Terre.

9°. *La Lune a-t-elle été une comète?* M. Arago fait voir que l'absence d'atmosphère est plutôt contraire que favorable à cette hypothèse.

10°. *Cérès, Pallas, Junon et Vesta sont-elles des fragmens d'une grosse planète qu'un choc de comète aurait brisée?* Cette opinion se fondait principalement sur l'existence des vastes atmosphères de Cérès et de Pallas; la chevelure de la comète aurait donné naissance à ces atmosphères : mais Vesta paraît en être tout-à-fait privée, ce qui rend l'hypothèse bien difficile à admettre.

Forcés par le défaut d'espace d'abréger considérablement le mémoire de M. Arago, nous devons en recommander la lecture entière aux personnes que ce sujet intéresse. Il est impossible d'être plus clair et plus logique que notre illustre savant, et ce ne peut être qu'en prenant connaissance de ses écrits qu'on doit discuter ses opinions.

Lumière, Atmosphère, Réfraction, etc.

122. Nous supposerons ici, comme un simple moyen d'exprimer les idées, et sans rien affirmer d'ailleurs sur un sujet aussi délicat, que la lumière est une émanation de certains corps que nous nommons *lumineux*, qui agit sur nos yeux à la manière des corpuscules émanés des substances et transmis à notre odorat. Les traités de physique contiennent la discussion approfondie des deux opinions théoriques sur la lumière; et cette matière, étrangère à notre objet, nous paraîtra suffisamment éclairée en rappelant les propositions suivantes :

1°. Semblable à tous les corps dont le mouvement n'est troublé par aucune force, la lumière se meut en ligne droite.

2°. L'*ombre* est la partie de l'espace où la lumière ne pénètre pas derrière un corps opaque; c'est ce qui arrive dans les éclipses (fig. 19). Le passage de l'ombre pure à la lumière se fait

par nuances, et les bords de l'ombre ne sont jamais nettement terminés; il faut en chercher la cause dans les dimensions du corps lumineux S. Qu'on mène des tangentes DA, KC, elles sépareront la lumière de l'*ombre pure ;* mais en outre les tangentes EA, DB déterminent derrière le corps un espace FBAG dans lequel il n'entre qu'une partie des émanations du corps lumineux, et la quantité de lumière y décroît en approchant du cône d'ombre pure ABC. C'est cette ombre imparfaite qu'on nomme *Pénombre*, qui prend plus d'intensité auprès du cône ABC, et qui va en se dégradant sensiblement, vers les tangentes GA, BF. Cette pénombre a une étendue qui dépend des dimensions et de la distance du corps lumineux, et l'on doit y avoir égard dans les éclipses (n° 66).

3°. La lumière se réfléchit en formant des angles égaux avec la perpendiculaire menée à la surface au point où le rayon l'atteint. *L'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion*, comme dans le choc des corps élastiques.

4°. Les corps exercent sur la lumière une attraction qui oblige une partie de ce fluide à se dévier et à suivre une courbe concave vers la surface, pour pénétrer dans leur intérieur.

Si le corps est opaque, elle y est absorbée; s'il est transparant, elle continue à se mouvoir dans l'intérieur, selon la direction que la déviation lui a donnée à son entrée. Ainsi la lumière qui pénètre dans les corps diaphanes forme, infiniment près de leur surface, une courbe qui la brise, en sorte qu'elle fait de part et d'autre des angles inégaux avec la perpendiculaire à la surface. L'angle le plus petit est dans le milieu le plus dense; le rayon s'y est approché de la perpendiculaire (*). C'est à cela qu'on doit rapporter les effets des verres convexes pour aider la vue, et pour réunir en un foyer incendiaire les rayons du Soleil.

(*) La loi de ces deux angles est donnée par ce théorème : Quelle que soit l'obliquité du rayon incident, les sinus des angles formés avec la perpendiculaire à la surface par les deux directions du rayon, donnent toujours le même quotient pour deux milieux déterminés, ou *les sinus des angles d'incidence et de réfraction sont en rapport constant.* Ce rapport varie d'ailleurs quand les

L'effet de la réfraction s'observe aisément lorsqu'on plonge obliquement un bâton dans l'eau : il semble se briser à la surface du fluide. Nous ne voyons ce bâton qu'à l'aide de la lumière qui le frappe et qu'il renvoie dans tous les sens; mais celle qui part de dessous l'eau, n'arrive à nos yeux qu'en s'infléchissant au sortir du liquide et s'écartant de la verticale. Exercés par l'habitude à rapporter les objets dans la direction où la lumière nous arrive, nous ne tenons compte de sa déviation qu'en l'attribuant à la partie plongée, que nous supposons à une place différente de celle qu'elle occupe. Cette suite de points n'étant plus dans le prolongement de la partie extérieure, nous jugeons que le bâton s'est brisé pour se rapprocher de la verticale : l'illusion est complète et il faut tout l'effort de l'habitude pour détruire le prestige.

5°. La lumière n'est point une substance simple; on la trouve composée d'un faisceau de mille rayons, dont chacun exerce sur nos yeux un mode d'action différent que nous désignons par le mot de *coloration*. On distingue sept couleurs principales :

Le rouge, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo et le violet,

et en outre toutes les nuances intermédiaires. Le *blanc* est la sensation que nous éprouvons par la réunion de tous ces rayons; le *noir* est l'absence de toute couleur, de toute lumière.

Les corps en réfléchissant la lumière, exercent sur elle une action plus ou moins variée; ils en absorbent une portion et nous renvoient le reste. La couleur résulte de la nature des rayons dominans, parmi ceux qui ne sont pas absorbés.

L'*Atmosphère* est ce fluide gazeux qui nous environne, mélange de plusieurs substances, et cause de mille phénomènes;

---

milieux changent; pour l'air et l'eau, le sinus de l'angle de réfraction est les trois-quarts du sinus d'incidence, c'est-à-dire qu'en passant de l'air dans l'eau, sous une direction quelconque, le rayon se rapproche de la perpendiculaire, et ce dernier angle a pour sinus les trois quarts du sinus de l'angle d'incidence.

elle contient aussi de l'eau en vapeur, qui n'en trouble pas la transparence, ou de l'eau en suspension, sous la forme de nuages et de brouillards. Ce sont ces globules aqueux qui, réfléchissant la lumière après qu'elle les a traversés, la décomposent et en séparent les brillantes couleurs de l'*Arc-en-ciel*.

Les *Halos* sont des cercles lumineux dont le Soleil et la Lune paraissent entourés, à de certaines époques, et plus fréquemment dans les latitudes élevées. Deux cercles dont les rayons sont d'environ 46° pour l'un, et 22° pour l'autre, se dessinent autour de ces astres : on a même cru remarquer que ces courbes se façonnent en ellipse. On attribue ces effets à la réfraction de la lumière par des cristaux de neige flottants dans les hautes régions de l'air.

Les *Aurores boréales* sont des phénomènes de lumière qui paraissent dus à des causes électriques, puisqu'on remarque que la déclinaison, l'inclinaison et l'intensité magnétiques des aiguilles en sont fortement influencées. C'est principalement dans les régions polaires qu'on voit ces beaux arcs colorés et lumineux dont la cause est encore inconnue, mais qui ne sont nullement astronomiques.

Les *Météores* lumineux qu'on voit voltiger dans l'air, les éclairs, le tonnerre, etc., sont des phénomènes électriques dont le séjour est dans l'atmosphère, et qui n'ont rien de commun avec la science qui nous occupe.

Nous ne pousserons pas plus loin cette rapide énumération.

123. Le mercure qui reste suspendu dans le tube barométrique, fait équilibre, par son poids, à la pression de l'air; la colonne de mercure varie avec les lieux et les temps. L'air étant un fluide compressible et élastique, a chacune de ses couches comprimée par le poids de l'air qui est au-dessus; sa densité, son ressort s'en accroissent, et c'est à cette cause qu'il faut attribuer l'élévation variable du mercure dans le baromètre.

La hauteur du fluide métallique dans le tube varie avec le ressort de l'air, la chaleur et l'état hygrométrique. Ces chan-

gements de hauteur, qui n'indiquent que des présages incertains de ceux de l'atmosphère, marquent avec rigueur son poids et son ressort. Or ce poids décroît à mesure qu'on s'élève; le mercure doit donc en même temps s'abaisser. Une grossière estimation porte à 1 ligne l'abaissement qui répond à 24 mètres d'élévation. A Paris, le mercure se soutient au terme moyen de 28 pouces : il ne s'élève qu'à 15 ou 16 au sommet du mont Blanc. Cette propriété a même conduit à divers moyens de mesurer les hauteurs, et l'on a reconnu que la densité de l'air décroît en progr. par quotient lorsqu'on s'élève en progr. arithmét., c.-à-d. que les hauteurs sont les logarithmes des nombres de millimètres dont le mercure descend. La théorie de Laplace est d'une précision qui ne le cède pas aux procédés géodésiques les plus exacts, et l'on a des *Tables hypsométriques* de M. Oltmanns, dont l'usage est d'une grande facilité pour dispenser de tous les calculs que suppose la formule de notre célèbre académicien. (*V.* l'*Annuaire*.)

On conçoit maintenant la possibilité de conclure la hauteur totale de l'atmosphère de la loi de dégradation de sa densité. (*V.* p. 237.) Quelque légères que soient les dernières couches d'air, elles sont cependant retenues par l'attraction de notre globe qui, dans son double mouvement, emporte l'atmosphère avec lui, comme il entraîne les eaux qui sont à sa surface. La force centrifuge due à la rotation de la Terre, donne à cette masse aériforme la figure d'un sphéroïde aplati aux pôles, que déforme sans cesse l'action du Soleil et celle de la Lune.

Au-delà de l'atmosphère est le vide absolu; c'est ce que nous avons d'abord quelque peine à admettre, parce que nous sommes exercés à voir tout espace vide instantanément rempli par l'air qui y afflue. Mais ce n'est point par une qualité occulte, qui rend *le vide en horreur à la nature,* que le vide ne peut exister autour de nous; un globule d'air ne reste en repos que lorsqu'il est également pressé de toutes parts. Qu'on rende plus active la pression d'un côté, ou qu'on diminue celle de l'autre côté, le globule cédera à cette action et entrera en mouvement avec toute la vitesse que lui donne son excessive mobilité. Ainsi, faites le vide dans une partie, et la nécessité d'une égale

pression en tous sens forcera l'air à s'y précipiter, afin de rétablir l'équilibre. Chaque molécule d'air doit descendre par son poids et par celui des couches supérieures, et s'élever par son ressort élastique qu'elle doit à la chaleur : la température décroît en montant, et l'équilibre entre ces forces exige que la densité diminue sans cesse, et même jusqu'à zéro. Au-delà de l'atmosphère, le vide subsiste donc : si quelque substance surnageait à l'atmosphère, elle serait d'une ténuité infinie, puisque sans cela elle s'abaisserait jusqu'à la couche d'air de même densité.

Quelques savants ont cru que l'immensité de l'espace était occupée par l'*Éther,* fluide impondérable et d'une excessive mobilité; mais ce gaz serait une cause retardatrice du mouvement des planètes, et quelque faible qu'on la supposât, dans la durée des siècles, son effet devrait être sensible. Pourquoi d'ailleurs admettre une matière subtile dans la région sur-atmosphérique? Si cette matière est sans effet, quelle preuve a-t-on de son existence, et qu'importe même qu'elle existe? Cette espace immense qui nous sépare des astres est donc vide et librement traversé par le calorique et la lumière. Cependant M. Encke a cru remarquer un ralentissement dans le mouvement de sa comète, qui lui fait croire à la résistance de l'éther, et ce sentiment a été partagé par plusieurs astronomes.

124. L'air agit sur la lumière à la manière des corps transparents; il la décompose, la réfléchit et la réfracte : c'est ce qu'il importe d'expliquer.

1°. L'azur dont le ciel nous semble teint est la couleur de l'atmosphère : le ciel ne peut ni envoyer, ni réfléchir aucune couleur; mais l'air agit sur la lumière qui le traverse, et elle nous est transmise avec une nuance bleue. Cette couleur n'est sensible qu'à raison de l'épaisseur de l'atmosphère, parce qu'elle a trop peu d'intensité : aussi s'affaiblit-elle à mesure qu'on s'élève, et le ciel paraîtrait noir à celui qui serait au-delà de l'atmosphère. C'est encore l'air, c'est l'eau qui s'y trouve en vapeurs et en gouttelettes, qui parent l'horizon de ce pourpre

éclatant dont il semble embrasé au lever et au coucher du Soleil.

Une partie de la lumière solaire s'affaiblit dans son passage à travers l'air; les brumes de l'horizon accroissent cet effet; et les objets terrestres éloignés semblent obscurs et teints de la couleur bleuâtre du ciel (*).

Quelquefois l'atmosphère fait jouer la lumière de manière à produire des illusions curieuses : tantôt elle aplatit les astres en apparence, tantôt elle en double les images. C'est ainsi qu'on explique les *parhélies* et les *parasélènes*, phénomènes qui, dans certaines circonstances, nous montrent ensemble plusieurs Soleils et plusieurs Lunes, embellis de feux et de couleurs extraordinaires. Ces effets purement physiques sont étrangers à l'Astronomie, aussi bien que les cercles vaporeux et nuancés de couleurs nommés *halos*, qu'on voit souvent autour de ces deux astres, ainsi que cela a déjà été exposé.

2°. La lumière éprouve des réflexions multipliées en traversant l'atmosphère; son action oblique sur des couches de différentes densités, sa rencontre avec les corps opaques et les globules aqueux, distribuent ses rayons dans une multitude de lieux où sa direction primitive ne l'aurait pas fait pénétrer; c'est ainsi que l'image solaire se réfléchit à la surface de l'eau, et cependant la pénètre en partie. Sans l'atmosphère, nous ne recevrions au-

(*) La distance suffit pour affaiblir la clarté, et cet effet a de même lieu dans le vide. Prenons un cône de lumière émise par un corps; deux plans qui coupent ce cône perpendiculairement à son axe reçoivent la même quantité de fluide lumineux, qui se disperse ainsi sur les aires de cercles inégaux. Une aire tracée dans le grand cercle et prise égale au petit, ne recevra pas la même clarté. Si, par exemple, l'un de ces cercles est quadruple de l'autre, la même lumière, dispersée sur une surface quatre fois plus grande, n'en donnera que le quart sur chaque quartier. Or, ces cercles sont comme les carrés de leurs rayons, et par conséquent comme les carrés des distances des plans au sommet du cône. Ainsi la lumière décroît d'intensité dans le rapport des carrés des distances au corps lumineux; l'éclat que réfléchissent les corps opaques suit la même loi de dégradation, et l'interposition de l'atmosphère et des vapeurs qui en troublent la transparence ajoutent puissamment à cet effet.

produire sous la machine pneumatique. L'atmosphère ne doit pas s'étendre beaucoup au-delà, ce qui suppose qu'elle a environ 16 lieues d'épaisseur. Cependant, si l'on voulait ajouter foi à des relations de quelques météores, il faudrait admettre qu'à 20 lieues de hauteur, il y a encore des substances gazeuses susceptibles d'inflammation, et même de détonnation.

En admettant que l'atmosphère ait 16 lieues $\frac{1}{2}$ de hauteur, elle forme une sphère creuse infiniment peu épaisse comparativement au rayon terrestre: son volume est le 29e de celui de notre globe, son poids n'en est que les 43 millièmes, en supposant à la Terre 5 fois $\frac{1}{2}$ la densité de l'eau.

3°. Qu'un astre nous envoie un rayon Mm (fig. 7), la direction Mm ne se conservera plus rectiligne à son entrée dans l'atmosphère, attendu que l'attraction exercée par l'air sur ce rayon, le fera dévier d'autant plus que la densité croîtra davantage. Si l'on conçoit l'épaisseur mO de l'air partagée en tranches concentriques de densités croissantes, ce rayon éprouvera des déviations continuelles qui le rapprocheront de la verticale (n° **122**, 4°.) dans le passage de chaque couche à la suivante, et suivra la ligne courbe mO concave vers la Terre. Accoutumés à rapporter les objets dans la droite où arrive la lumière, nous jugeons l'astre en M', dans la direction OM' de la tangente à cette courbe mO. Cette réfraction nous conduit donc à attribuer aux astres une place différente de celle qu'ils occupent ; et puisque le corps M nous semble élevé en M', *l'effet de la réfraction atmosphérique s'exerce verticalement, et accroît la hauteur des astres, en les rapprochant du zénith.*

Plus le rayon est oblique, et plus la réfraction est forte (n° 122, 4°.), la plus grande déviation est produite au lever de l'astre, où elle est de 33'; l'effet décroît graduellement jusqu'au zénith, où il est nul, la réfraction n'ayant plus lieu lorsque le rayon incident est perpendiculaire à la surface qui sépare les milieux. Le bâton plongé dans l'eau ne semble plus brisé lorsqu'il est vertical ; et plus il est oblique, plus la fracture apparente est forte.

C'est à la réfraction qu'on doit l'avantage de jouir plus long-

temps de la présence du Soleil sur l'horizon. Si l'on conçoit un plan à 33′ au-dessous de l'horizon, les astres nous paraissent se lever et se coucher dès qu'ils atteignent à ce plan. Le temps dont le lever réel précède le moment où le Soleil arrive à l'horizon, dépend de l'étendue de l'arc que décrit l'astre entre ces deux plans, c'est-à-dire de sa déclinaison et de la latitude du lieu. Ainsi, aux solstices, le Soleil se lève à Paris 4′6″ avant d'être réellement arrivé à l'horizon.

Un phénomène qui déplace ainsi les astres ne pouvait être négligé dans les calculs astronomiques. On a dit, page 15, qu'il faut, pour obtenir la latitude du lieu et la distance polaire d'une étoile, mesurer les hauteurs méridiennes D*b*, D*a* (fig. 3) d'une circompolaire *a*; la latitude PD est la demi-somme, la distance polaire P*a* est la demi-différence de ces *hauteurs vraies*, c'est-à-dire dégagées de la réfraction qui les affecte. Qu'on observe la polaire *a*, dont la réfraction est sensiblement constante dans tout le petit cercle *ba* qu'elle décrit; comme tout s'accorde à donner 70″ pour valeur de cette réfraction à Paris, la latitude de cette ville sera connue. D'un autre côté, au zénith Z, la réfraction est nulle, et l'on sait que près du zénith, en A, elle est d'autant de secondes que la distance zénithale AZ a de degrés (6″ pour 6°, 10″ pour 10°...); ainsi, l'on obtiendra la distance zénithale de cette étoile *a*. Or rien n'est plus facile que de calculer à tout moment la hauteur vraie d'une étoile dont on a la déclin., quand la latitude du lieu est connue; on pourra mesurer des hauteurs successives de notre étoile et comparer les résultats avec ceux du calcul; la réfraction en est la différence. On pourra donc former des tables de réfraction pour toutes les hauteurs, avec toute l'exactitude qui convient à ce genre de recherches. C'est ainsi que le célèbre Piazzi a opéré.

Ces procédés, purement empiriques, ne font connaître qu'imparfaitement les réfractions, parce qu'elles varient avec la constitution de l'atmosphère, c'est-à-dire dépendent de la température et de la densité de l'air. La loi suivant laquelle cet effet est lié à ses causes, a été étudiée avec soin, et c'est un des

plus beaux travaux de Laplace. Ce qui rend cette théorie si curieuse, c'est qu'elle s'accorde parfaitement avec les résultats de l'observation, du moins quand l'astre est élevé de plus de 9 à 10°; car au-dessous de ce terme, les vapeurs de l'horizon influent de manière à laisser quelque légère incertitude.

125. Lorsqu'on a observé la hauteur du bord du Soleil ou de la Lune, il faut y apporter trois corrections :

1°. On ajoute ou l'on retranche le demi-diamètre de l'astre, afin d'avoir la hauteur apparente du centre.

2°. On *ajoute* la parallaxe de hauteur dont l'effet est d'abaisser l'astre (n° **20**) relativement à l'observateur placé au centre de la Terre, pour lequel les tables astronomiques sont composées, ainsi que nous l'avons déjà dit.

Lorsque l'astre observé est une étoile, il n'y a ni diamètre apparent, ni parallaxe; ces deux corrections n'ont pas lieu.

3°. On *retranche* la réfraction de la hauteur; on l'ajoute au contraire à la distance zénithale apparente : la parallaxe de hauteur et de réfraction sont deux corrections qui se font toujours en sens contraire l'une de l'autre.

L'effet de la réfraction sur le diamètre du Soleil et de la Lune, est de faire paraître ces astres aplatis dans le sens vertical, parce que la réfraction élève inégalement les deux bords, l'inférieur plus que le supérieur. La différence de ces élévations n'est sensible qu'autant que l'astre est près de l'horizon, parce que ce n'est qu'alors qu'un demi-degré de plus en hauteur suffit pour produire des effets sensiblement inégaux, à raison de la rapidité avec laquelle les réfractions croissent. Aussi ne mesure-t-on jamais que le diamètre horizontal, par la durée du passage des deux bords latéraux devant un fil placé verticalement dans la lunette méridienne.

126. Si la Lune avait comme la Terre une atmosphère, la lumière des étoiles devrait s'y réfracter en la traversant. Soit GAOG′ (fig. 7) le globe lunaire, l'étoile Q enverrait le rayon QO qui, lors de l'occultation, s'infléchirait en rasant la surface. A la sortie de cette atmosphère, une seconde déviation donne-

rait au rayon la direction OP, qui, arrivant à nos yeux, nous ferait attribuer à l'étoile la place indiquée par cette dernière ligne. Cet astre nous semblerait ainsi déplacé d'un angle double de QOI; à la fin de l'occultation, une réfraction semblable donnerait un effet analogue de l'autre côté du globe lunaire, effet qui doublerait le premier. L'étoile aurait donc paru reculer devant la Lune, et la fuir ensuite rapidement. On peut même concevoir une atmosphère assez dense pour que l'astre ne soit jamais occulté et passe brusquement d'un côté de la Lune à l'autre. Ainsi la durée de l'occultation, s'il y avait une atmosphère à ce globe, serait moindre que le temps nécessaire pour le traverser, d'après son mouvement horaire; d'ailleurs la distance des étoiles doubles devrait varier à l'approche des occultations par la Lune. Mais on n'observe rien de semblable, et l'effet, bien que quadruplé, n'est nullement sensible; au contraire, on a vu quelquefois des astres, après leur contact avec la Lune, paraître encore quelques secondes sur le bord de son disque. Cet effet est-il dû aux montagnes lunaires, ou est-il une simple illusion d'optique? il ne s'ensuit pas moins que la Lune n'a pas d'atmosphère, et par conséquent ni air, ni eau, ni nuages, ni pluies, etc. (page 117).

127. Calculons la vitesse avec laquelle la lumière se propage. Pour acquérir l'idée d'une vitesse, on compare l'espace décrit au temps employé. L'espace parcouru pendant l'unité de temps est ce qu'on nomme la vitesse: plus cette longueur est grande, et plus le mouvement est rapide.

Servons-nous d'une comparaison : lorsqu'on entend de loin le bruit du canon, et qu'on voit l'éclair de l'explosion, on remarque un temps très sensible entre la flamme et le bruit, et la durée s'accroît avec la distance. Le son court donc moins vite que la lumière. Dans la petite étendue où cette expérience peut être faite, l'impression de la clarté est instantanée : cette durée, comparée à la distance, donne donc la vitesse du son. Qu'il soit grave ou aigu, fort ou faible, on trouve que dans un air calme le son parcourt 1040 pieds ($337^m,2$) par seconde, ou 10400 toises

par minute. Si quelque explosion avait lieu dans la Lune, et que le son pût nous arriver avec la vitesse que nous venons d'indiquer, il mettrait 13 jours à se faire entendre : comme le Soleil est 400 fois plus loin que ce satellite, nous n'entendrions une explosion qui aurait lieu dans cet astre que 14 ans ½ après son éruption. Du reste, la force et la direction des vents altèrent cette vitesse de 1040 pieds par seconde ; il faut décomposer cette force dans le sens où le son est transmis, et ajouter cette composante à 1040 pour avoir la vitesse réelle.

La rapidité de la lumière passe toute idée ; aussi, pour la mesurer, faut-il prendre une échelle dans l'immensité des cieux. Si la Terre est en T (fig. 13) et qu'un astre B soit du même côté de l'orbite, la lumière de cette étoile mettra moins de temps à nous arriver que si nous étions en I au point opposé : la différence est le temps que la lumière met à traverser l'écliptique, c'est-à-dire à parcourir son axe AP de 70 millions de lieues. Lorsque le premier satellite de Jupiter passe dans le cône d'ombre de cette planète, il s'éclipse pour reparaître un peu au-delà : nous savons (n° 88) que ce phénomène a lieu toutes les $42^h29'$. Si la progression de lumière était instantanée, le temps qui sépare deux éclipses serait d'autant de fois $42^h29'$ qu'il y a eu de révolutions du satellite autour de Jupiter ; mais il n'en est pas ainsi. Soient T la Terre, S le Soleil, B Jupiter en opposition : si, à dater de cet instant, on observe une immersion du 1er satellite, on trouvera que chacune des suivantes retardera de plus en plus à mesure que la Terre s'éloignera vers A, H, I ; et ces retards, accumulés jusqu'à la conjonction I, iront à $16'26'',4$. La Terre continuant son cours, se rapprochera de Jupiter ; et l'instant de l'immersion avancera au contraire de plus en plus : tout sera compensé au retour à l'opposition ; et il se sera écoulé, depuis la première éclipse, précisément autant de fois $42^h\,29'$ qu'il y aura eu de révolutions du satellite.

La présence de l'atmosphère ne change rien à ces mesures, à raison de son peu d'épaisseur. Nous avons en outre fait abstraction de l'excentricité de l'écliptique et de quelques autres

circonstances peu influentes. On a répété les expériences avec la plus grande précision sur les autres satellites de Jupiter : toutes se sont accordées à établir que la lumière n'emploie que 16′26″,4 à traverser l'écliptique, ce qui donne 8′13″,2 pour le temps qu'elle met à nous venir du Soleil à la distance moyenne. Elle parcourt donc, par minute, 2917 rayons terrestres (environ 70 mille lieues par seconde). Cette vitesse prodigieuse, qu'il n'est pas permis de révoquer en doute, est 400 mille fois plus grande que celle d'un boulet de canon, et 10 mille fois plus que celle de la Terre. M. Herschell remarque que l'oiseau dont le vol est le plus rapide mettrait près de trois semaines à faire le tour entier de la Terre, sans prendre aucun repos : la lumière franchit le même espace en beaucoup moins de temps qu'il n'en faut à l'oiseau pour exécuter un simple battement d'aile.

Au lever du Soleil, nous ne recevons les premiers rayons de cet astre que 8′13″ après leur émission ; il y a donc 8′13″ que l'astre est levé lorsque nous commençons à le voir. Nous le voyons de même au méridien après qu'il y a passé ; enfin, il est déjà couché que nous le voyons encore. Quand la Lune s'interpose entre nous et le Soleil, elle n'arrête pas les rayons lumineux qui l'ont déjà dépassée ; et s'il faut 1″,2 à la lumière pour nous venir de la Lune, le bord du Soleil est déjà éclipsé depuis 1″,2 lorsqu'il commence à disparaître : l'éclipse nous semble aussi finir 1″,2 plus tard, et sa durée demeure la même. Tant que les effets vrais et apparents présenteront ainsi des différences constantes, l'erreur se rencontrant dans toutes les observations, nous n'aurons aucun moyen de la constater et de la corriger ; nous n'aurons même aucun intérêt à la reconnaître, et nos tables seront toujours d'accord avec les faits observés. Mais si quelque circonstance vient troubler cet accord, ainsi qu'il arrive dans les éclipses des satellites de Jupiter, il deviendra nécessaire de mesurer l'erreur et d'en tenir compte dans les calculs, et c'est ce qui nous force à analyser tous les effets du mouvement de la lumière pour en distinguer les influences diverses.

On a calculé qu'une bougie d'un pouce de longeur est divisée,

par la combustion, en un nombre de particules exprimés par 27 suivi de 47 zéro : à chaque seconde, il s'est dégagé de la bougie allumée un nombre de parcelles exprimé par 42 suivi de 43 zéro, c'est-à-dire plus de mille millions de fois le nombre des grains que fournirait la masse entière de la Terre convertie en sable. Cependant une immense portion de la bougie a été bien plus grossièrement divisée que la lumière ; quelle est donc la prodigieuse ténnité de ses particules ! Et si la vitesse d'un corps lancé croît quand sa masse diminue, est-il si étonnant que la lumière ait tant de rapidité ? L'est-il que ses molécules ne se heurtent pas en se croisant de mille manières ? Enfin l'est-il que cette déperdition continuelle ne diminue pas sensiblement le volume des corps célestes ? (*Voy.* page 91.)

Au reste, combien de choses incompréhensibles et qui n'en sont pas pour cela moins certaines !

128. Qu'un corps se meuve de A vers D (fig. 33), tandis qu'un autre vient le frapper dans la direction AB : l'effet produit par ces deux mouvements se trouve en prenant les lignes AB et AD proportionnelles aux vitesses ; puis achevant le parallélogramme, le mobile est mû comme si, placé en repos au point A, une force unique le poussait selon la diagonale AC, et lui faisait parcourir une longueur = AC, dans le même temps qu'il devait décrire AB ou AD. Lorsque la Terre nous entraîne dans son mouvement annuel de A en D, la lumière nous vient d'un astre suivant BA ; et comme nous sommes insensibles à la vitesse de la Terre, l'impression que nous ressentons est la même que si nous étions en repos et que la lumière nous vînt selon CA ; c'est-à-dire que l'astre doit nous paraître dans la direction AC.

Le phénomène dont nous venons de parler, qu'on nomme *Aberration*, consiste à nous montrer les astres dans un lieu un peu différent de celui qu'ils occupent. La lumière envoyée par un astre vient frapper nos yeux dans une direction composée de sa vitesse et de la nôtre : nous nous supposons immobiles dans l'espace, et la première de ces deux vitesses peut seule être sensible à nos organes. Nos yeux sont donc affectés par la lu-

mière émanée de B (fig. 33), comme si l'astre était en C; c'est en C que nous le rapportons, parce que nous le voyons selon la direction AC; la lumière décrit le rayon moyen de l'écliptique en 8′13″,2, ou 493″,2; la Terre parcourt dans cette durée un arc de son orbite qu'on trouve par la proportion

Année sidérale 365^j,25637 : 360° :: 493″,2 : x = 20″,253.

Les deux côtés du parallélogramme ABCD sont les vitesses AB = 493″,2, AD = 20″,253; *l'astre B doit donc sans cesse paraître en avant de son lieu réel, de la quantité* 20″,253, *parallèlement à la direction du mouvement de la Terre;* tel est l'effet de l'aberration. La révolution diurne étant 65 fois moins rapide que le mouvement annuel, n'ajoute à cet effet qu'un tiers de seconde au plus.

L'angle de déviation BAC, estimé dans tel ou tel sens, dépend des directions relatives du mouvement de la Terre et de celui de la lumière; cet angle est nul quand ces directions concourent, et le plus grand lorsqu'elles sont à angle droit. Menons du Soleil S (fig. 22) la ligne St' à une étoile t' dans le plan AFE de l'écliptique que décrit la Terre en un an; comme cette étoile n'a pas de parallaxe annuelle (n° 29), la lumière émanée de t' nous arrivera toujours parallèlement à St'. Notre globe, dans sa révolution, change peu à peu la direction de son mouvement et reçoit ces rayons lumineux sous toutes les inclinaisons, par rapport à sa vitesse, précisément parce que ces rayons restent parallèles, en quelque lieu que nous soyons. En vertu de l'aberration, le rayon sera sans cesse chassé devant la Terre, l'astre sera déplacé et vu un peu en avant de son lieu réel; le parallélisme ne subsistera donc plus. Selon la région où notre globe sera placé, il aura un mouvement parallèle, ou perpendiculaire, ou oblique à St', tantôt d'un côté de cette ligne, tantôt de l'autre, et la déviation poussera l'astre t' ici vers a', là vers d'. Lorsque la Terre sera en quadrature au point E′ ou B, la direction de son mouvement concourra avec celle de la lumière qui est parallèle à St', parce que t' est situé à l'infini; il n'y aura pas d'aberration. Mais si la Terre est en D,

l'étoile t' devancera un peu son lieu réel, et elle paraîtra plus loin en d', parce que la vitesse de la Terre est oblique sur Dt' ou St'. En T, les mouvements sont à angle droit, la déviation sera la plus forte, t' paraîtra en e', à 20″ en avant. Au-delà de T, vers C, la déviation sera moindre et l'étoile se rapprochera de son lieu réel t'; elle sera vue en t' même, lorsque la Terre sera à la quadrature opposée B, après quoi elle semblera s'éloigner vers le côté contraire b', etc.

On voit donc que l'étoile t', supposée immobile dans le plan de l'écliptique, par cela seul que la Terre se meut, paraît osciller de part et d'autre de son lieu réel; l'excursion la plus grande est de 20″, 253; et la période de ces oscillations est juste d'une année pour décrire ce petit arc de 40″ $\frac{1}{2}$. Comme le Soleil ne sort pas de l'écliptique, il suit de sa position centrale, combinée avec le peu d'ellipticité de notre orbite, que nous recevons toujours sa lumière à angle droit sur notre mouvement; l'aberration de cette astre est donc constante, et sa longitude est sans cesse diminuée de 20″,253.

Outre ces déplacements en longitude, si l'étoile est hors de l'écliptique, elle en éprouvera de même en latitude. Soient TAB (fig. 34) l'écliptique, et T la Terre; O le lieu vrai d'une étoile située à une hauteur quelconque au-dessus de ce plan: sur le rayon visuel TO qui y est dirigé; si l'on prend Th égal à la vitesse de la lumière, et ih parallèle et égale à la vitesse de la Terre, c'est-à-dire à la tangente en T à l'écliptique, la ligne Ti est le rayon visuel apparent, et l'étoile nous semble située en V. Placez la Terre en divers lieux de son orbite, et les rayons TO seront tous parallèles, à cause que l'étoile O est à une distance infinie; les parties ih varieront peu de grandeur; mais leurs directions, sans cesse parallèles à la tangente en T, changeront beaucoup, en demeurant parallèles au plan de l'écliptique. Et d'ailleurs, tout se passant, à notre égard, comme si la Terre était fixée au foyer S, les diverses lignes TO semblent une droite immobile, autour de laquelle tourne le rayon visuel apparent, décrivant un cône dont l'étendue dépend de l'élévation de l'astre au-dessus de l'écliptique. Ainsi l'étoile semble décrire

annuellement une petite ellipse de 40" ½ de largeur autour de son lieu réel, oscillant dans la période exacte d'une année, et devançant toujours la Terre de 90° dans cette orbite fictive, qu'elle parcourt dans le sens même de notre propre mouvement.

Si l'étoile est au pôle même de l'écliptique, elle paraîtra décrire un petit cercle de 20" de rayon; la largeur de l'ellipse se resserre à mesure que la latitude devient moindre, jusqu'à se réduire à un petit arc d'écliptique de 40" ½, lorsque l'astre est dans ce plan; car toutes ces orbites apparentes conservent leur largeur de 40" ½, parallèlement au plan de la nôtre.

Voilà donc encore une nouvelle cause qui déplace les astres, et nous porte à leur attribuer une position différente de celle qu'ils occupent. Dans la *Conn. des Tems*, on a tenu compte de cette cause, et les nombres qui y sont donnés pour le ⊙ ont été frappés de cette sorte de correction. La longitude de cet astre y est diminuée partout de 20",253. Aussi lorsqu'il arrive qu'on veut trouver le lieu réel de la Terre dans son orbite, ce qu'on nomme le lieu *héliocentrique*, il est nécessaire d'ajouter 180°0'20",25 à la long. de l'astre, telle que la donnent les *Tables*, comptée de l'équinoxe moyen.

Mais si l'astre est une étoile dont on a cherché la position à l'aide de la Table XI, après avoir corrigé l'ascension droite et la déclinaison de la précession et de la nutation, il faut encore avoir égard à l'aberration. *Ces trois corrections sont nécessaires* pour décider du lieu apparent de l'astre, et de l'heure de son passage au méridien. Au reste, la correction d'aberration est de peu d'importance, puisqu'elle ne va au plus qu'à 20" de degrés, qui ne font qu'environ 1" de temps.

129. L'aberration est liée aux vitesses de la lumière et de la Terre, comme un effet dépend de ses causes. Aussi a-t-on deux moyens de mesurer l'étendue des oscillations apparentes qui résultent de ces deux vitesses, soit en calculant l'angle de déviation BAC (fig. 33) lorsque le côté AB est 10313 fois AD, soit en observant les écarts qu'éprouvent les étoiles en opposition avec le Soleil. Or, ces deux procédés donnent également 20"

pour l'angle BAC; en calculant de même les déviations en latitude, et suivant les étoiles dans toutes leurs positions apparentes, on vérifie et la période de restitution annuelle au même lieu, et l'étendue des écarts en latitude. Ainsi l'analyse s'accorde avec les faits observés pour prouver que la lumière est déviée par la vitesse de la Terre : le mouvement de translation de ce globe est donc mis hors de doute par ce phénomène, qui semblait d'abord de bien peu d'importance, à raison des petites erreurs qu'il occasionait, et il est devenu la *démonstration mathématique* d'un fait que nous avions déjà établi sur d'immenses probabilités. Roëmer a reconnu la vitesse de la lumière, et Bradley, après avoir observé l'aberration, en a déterminé la cause, même avant d'avoir découvert la nutation.

Les déviations qu'on remarque dans la position apparente des astres, selon l'instant de l'année où ils sont observés, étant vérifiées de mille manières, et par les observations les plus exactes, *prouvent donc incontestablement le mouvement de la Terre et celui de la lumière.*

130. La hauteur d'une étoile P (fig. 35) est l'angle PÔI formé par le rayon OP avec l'horizon DD', ou avec sa parallèle OI, que détermine le niveau à bulle d'air : la distance zénithale POZ en est le complément à 90°.

Si l'on est dans un lieu découvert, tel que le rivage de la mer, l'horizon est l'étendue que la vue embrasse, et l'on prend pour hauteur d'une étoile P, l'angle que forme le rayon OP avec le point où se termine cette étendue, qui est la trace que la mer marque au ciel. C'est surtout dans un navire qu'on se sert de ce moyen de mesurer les hauteurs, à l'aide du sextant, parce que les oscillations du vaisseau s'opposent à l'emploi du niveau et du fil-à-plomb ; mais ce procédé exige une correction. Comme l'observateur O est élevé au-dessus de la mer NM, OM est son *horizon sensible*, déterminé par la tangente à la sphère terrestre, et diffère de l'*horizon rationnel* OI. La hauteur POM, ainsi mesurée, est donc trop grande de l'angle IOM, que forment ces deux horizons, angle qu'on nomme *Dépression*.

Digitized by Google

Ainsi il faut évaluer l'angle IOM, et le soustraire de la hauteur observée. Il est à remarquer que la réfraction, changeant à nos yeux les apparences du globe même, élève la limite de l'horizon et en prolonge l'étendue en *i*. L'expérience a appris que cet effet de la réfraction diminue seulement l'angle IOM, des 0,08.

On a calculé des tables qui donnent l'angle de dépression pour les élévations diverses de l'observateur au-dessus de la mer. Les navigateurs y ont recours pour corriger les hauteurs des astres telles qu'ils les obtiennent par leurs opérations. Ainsi, lorsqu'on aura observé la hauteur d'un astre au-dessus de la limite de la mer, on prendra dans la table la valeur qui répond à l'élévation du point où s'est faite l'observation, et l'on soustraira de l'angle observé. Il restera ensuite à faire les corrections de réfractions, parallaxes, etc. (n° 128).

Voici donc la série des corrections qu'on doit faire aux observations de hauteur : 1°. celle du demi-diamètre si l'on a observé l'un des bords; 2°. retrancher la réfraction; 3°. ajouter la parallaxe (qui est nulle pour les étoiles); 4°. soustraire la dépression de l'horizon, si l'on a rapporté l'astre au niveau de la mer. Les ascensions droites et déclinaisons de tous les astres, données par les tables, doivent subir trois corrections, afin d'en avoir le lieu apparent : 1°. la précession, 2°. la nutation, 3°. l'aberration.

Les plus petites différences appréciables sont ainsi soumises au calcul. Le degré de certitude que les théories astronomiques doivent inspirer offre une si étonnante précision, qu'on peut prédire long-temps d'avance le lieu d'un astre à une époque donnée. On sait disposer une lunette, sans crainte d'erreur, et lui donner la direction qui répondra à cet astre, à un jour, une minute et une seconde désignés; et l'astre s'y présentera en effet dans l'axe optique et devant le fil du réticule dont il sera armé.

Sur les Étoiles et les Nébuleuses.

131. On donne le nom d'*étoiles* à tous les points brillants qui ornent la voûte céleste ; mais les astronomes distinguent les planètes et les comètes qui ont une marche propre, et appelent *étoiles fixes*, ou simplement étoiles, tous les astres qui conservent à très peu près leurs distances angulaires. Passons en revue les particularités qu'elles présentent.

Distances. La plus grande échelle dont nous pouvions disposer pour mesurer les distances n'était d'abord que le diamètre de notre globe; mais l'Astronomie nous en a fourni une qui est 24000 fois plus grande dans l'axe de l'orbite qu'il parcourt chaque année; cette échelle nous a servi à évaluer les distances des planètes, mais elle est encore insuffisante pour les étoiles. Ces astres sont si prodigieusement éloignés de nous qu'ils *n'ont aucune parallaxe annuelle*, c'est-à-dire que le rayon de l'écliptique ne serait pas vu sous un angle de 1", par un spectateur qui s'y placerait; ce petit angle étant la limite des erreurs de nos observations. Lorsqu'à 6 mois d'intervalle, on observe une étoile, les rayons qu'on y dirige ont constamment été trouvés parallèles, quoique la Terre se soit transportée à 70 millions de lieues de distance.

Il est vrai que tous les astronomes ne s'accordent pas sur ce fait. M. Brinckley, qui a fait beaucoup d'observations d'étoiles, n'a trouvé aucune parallaxe annuelle à des circompolaires pour lesquelles les changements de déclin. étaient très sensibles par la précession : il n'en a pas trouvé aux étoiles du Cygne qui semblent plus rapprochées de nous, puisqu'elles ont un *mouvement propre* annuel de 5",3 en ascension droite, et de 3" en déclinaison; car nous devons dire qu'on a reconnu de ces petits mouvements à beaucoup d'étoiles (*). Mais ce savant accorde 1",13

(*) Le mouvement propre de Sirius est de 2" d'arc; celui d'Arcturus, de 1",5; de Procyon, 0",7; de la 29ᵉ de l'Éridan, 4",0; de » Cassiopée, 1",78, etc. Ces petits déplacements se font dans diverses directions, qui ne sont pas celles que devrait produire la parallaxe annuelle.

de parallaxe à Wega de la *Lyre* et 1",42 à *Ataïr*. Bradley attribuait 1" de parallaxe à Sirius. Ces effets, contestés par d'habiles astronomes, restent douteux. M. Struve a trouvé que sur 14 séries d'étoiles opposées, 7 donnent la parallaxe négative, ce qui jette des doutes sur les 7 autres : Pond n'accorde de valeur probable que 0",018, quantité si petite qu'elle se perd dans les incertitudes de la réfraction qui sont 20 fois plus grandes. Comme les erreurs des sens se combinent avec celles des instruments, on ne peut guère compter que sur les résultats obtenus par diverses méthodes et divers astronomes qui se trouvent d'accord. On n'est donc pas surpris de quelques incertitudes sur la parallaxe annuelle des étoiles.

Accordons cependant que cet angle soit de 1" pour la Lyre, Ataïr, Sirius et quelques autres : un fil d'araignée placé devant l'œil d'un spectateur qui serait transporté dans ces étoiles, suffirait pour cacher l'écliptique entière; un cheveu cacherait tout notre système planétaire, qui est 20 fois plus étendu. Le calcul apprend que ces étoiles seraient 206 265 fois plus loin de nous que le Soleil, c'est-à-dire à plus de 7000 milliards de lieues ; telle est, au moins, la distance de l'étoile la plus voisine, en admettant cette parallaxe contestée de 1". La lumière mettra 206 mille fois 8′13",2 à nous arriver, ou 3 ans 81 jours : l'atome lumineux qui frappe les yeux de celui qui voit ces astres en est parti il y a plus de 3 ans, en décrivant 70 mille lieues par seconde; et s'il existe, comme on n'en peut douter, des étoiles mille fois plus éloignées encore, la lumière met plus de 3000 ans à faire le trajet. Quelles distances! quelle vitesse! l'imagination ne peut s'y soumettre. Si quelque phénomène visible arrivait dans ces astres, ce ne serait que plusieurs milliers d'années après que nous en aurions connaissance. Nous voyons peut-être tous les jours des étoiles qui ont cessé d'exister; et si la création de l'univers ne remonte qu'à 6000 ans, il y a probablement des étoiles qui n'ont pu encore être aperçues.

132. *Éclat.* Les étoiles sont certainement lumineuses par elles-mêmes, car d'où leur viendrait un éclat emprunté? Ce ne

pourrait être du Soleil qu'elles le réfléchiraient, d'une aussi immense distance, avec une vivacité aussi remarquable. Les étoiles sont donc de véritables Soleils, foyers de chaleur qui, peut-être, éclairent et vivifient autant de systèmes planétaires imperceptibles pour nous. Le Soleil n'est lui-même qu'une simple étoile dont l'éclat, la chaleur et l'étendue sont relatifs à la distance d'où nous le voyons. D'Uranus, cet astre n'est vu que sous un angle de 2′; et qu'est cette distance comparée à celle des étoiles ?

L'éclat des étoiles est très vif et très brillant, mais il diffère de l'une à l'autre. Est-ce un effet de leur inégal éloignement, ou de ce que les volumes sont inégaux, ou de quelque autre cause inconnue ? Il est bien vraisemblable que ces divers motifs concourent à donner aux étoiles l'éclat varié qu'on leur trouve. Wollaston a trouvé, par des expériences photométriques directes, qu'en attribuant à Sirius une seconde de parallaxe annuelle, la lumière qui nous vient de cette étoile étant 20 milliards de fois moins vive que celle du Soleil, est quatorze fois celle de cet astre, qui est 200000 fois plus éloigné de nous.

Il y a des étoiles dont l'éclat varie périodiquement, d'autres dont la lumière semble s'affaiblir continuellement, enfin d'autres qui ont une couleur propre : quelques-unes ont apparu subitement, et plus tard on a cessé de les voir. Nous donnerons quelques détails à ce sujet dans la 2ᵉ partie (nº 202), lorsque nous aurons appris à distinguer les étoiles et à les dénommer.

Scintillation. C'est une sorte de tremblement qu'on remarque dans la lumière des étoiles, et dont celle des planètes est rarement affectée. M. Arago, partisan de la propagation de la lumière par ondulation, attribue la scintillation à des *interférences*, c'est-à-dire, à de très courtes cessations du mouvement ondulatoire, qui se succèdent avec rapidité. M. Biot, qui a adopté le système de l'émission de la lumière, pense que l'atmosphère étant très agitée, éprouve dans ses couches successives des changements brusques de densité, causés par les gaz et les vapeurs qui y flottent, et par les proportions variables de calorique et d'électricité : de là mille petites réfractions acciden-

telles qui produisent la scintillation. Mais si telle était la cause du phénomène, il semble qu'il en devrait résulter des tremblements de plusieurs minutes de degré, ce qui n'est pas. J'ai lieu de croire que la scintillation est un effet dont notre œil est affecté par la vivacité de l'éclat des astres au milieu de la nuit profonde : il n'existe peut-être que dans nos organes, et nullement dans la lumière même des étoiles. Cela expliquerait très naturellement pourquoi, par certaines nuits, la scintillation est beaucoup plus remarquable, et pourquoi la lumière des planètes étant moins vive, ne la produit que faiblement.

Nombre. Quant au nombre des étoiles, il est incalculable. Herschell a compté plus de 50000 étoiles dans un espace de 2° sur 15° de la voie lactée : on en voit des millions dans certaines régions célestes, tandis que d'autres n'en offrent que très peu. Certainement il y a plus de 75 millions d'étoiles visibles. Le même astronome a reconnu que ces nuages de vapeur blanchâtre qui sont très communs au ciel, et qu'on a nommés *nébuleuses*, ne sont que des amas de petites étoiles qu'il juge être 600 fois plus éloignées que toutes les autres; mais il y en a qui sont de 10 à 15 fois plus loin encore, dont les étoiles restent invisibles sous son puissant télescope. Leur lumière doit mettre 20 à 30 mille ans à nous parvenir. M. de Zach pense qu'il y a plus de mille millions d'étoiles dans le ciel entier, sans compter peut-être un nombre plus considérable de soleils éteints et de corps qui sont opaques et inaperçus. L'imagination se perd dans des nombres aussi considérables; mais la nature prodigue ses merveilles avec tant de magnificence, que la faiblesse de notre esprit ne peut s'élever jusqu'à comprendre ses sublimes créations.

133. Herschell pensait qu'originairement toutes les étoiles n'étaient que des groupes d'une substance lumineuse et rare, que l'attraction a condensée, et que plusieurs nébuleuses pourront quelque jour former des étoiles brillantes : il a vu des étoiles encore environnées de matière nébuleuse, et même un anneau nébuleux ayant au centre une tache noire. Laplace

a développé cette opinion, qu'il croit très vraisemblable.

Nous avons dit que le Soleil tourne sur son axe; il en faudrait conclure, comme pour les planètes (p. 64 et 174), qu'il a reçu une impulsion primitive qui l'a lancé dans l'espace, emportant avec lui tout notre système planétaire, comme la Terre emporte la Lune dans son mouvement annuel. Si les effets de cette translation, par rapport aux étoiles, sont peu sensibles pour nous, même après une durée considérable, il faut l'attribuer à la distance infinie de ces astres, nos seuls termes de comparaison. L'éclat croissant de quelques étoiles d'Hercule a fait croire que nous nous rapprochions de cette constellation : c'est vers ce lieu du ciel que notre système serait dirigé; à moins qu'il ne soit lui-même emporté dans une immense circulation autour d'un corps central, opaque et invisible, qui serait le foyer d'attraction d'une multitude de soleils. Au reste, M. Bessel et Burckhardt, qui se sont occupés de cette question, après avoir comparé les effets de lumière qu'on cite en preuve de la translation du Soleil, n'y reconnaissant aucune uniformité, doutent de ce mouvement, et croient que les faits ne sont pas assez bien constatés pour justifier cette opinion. Mais la Mécanique nous apprend que la translation est une conséquence de la rotation solaire, en sorte que le fait est certain *à priori* : sa démonstration par l'observation ne peut être que le résultat d'une longue suite de siècles, puisque la distance des étoiles étant immense, on ne peut s'apercevoir, avec certitude, qu'après un très long temps, qu'on s'est rapproché de l'une des régions célestes.

134. *Grandeur.* **Les dimensions des étoiles sont inappréciables; plus les lunettes ont de force, et plus ces astres semblent petits, parce qu'elles les privent de cet effet qu'on nomme *irradiation*. A la vue simple, tous paraissent étendus. Tycho et Képler croyaient le diamètre de Vénus, l'un 12 fois, l'autre 7 fois plus grand qu'il n'est. Si une étoile avait seulement 1" de diamètre, elle serait plus d'un million de fois plus grande que le Soleil, en accordant à cette étoile 1" de parallaxe annuelle.**

Aussi les occultations par la Lune sont-elles instantanées. Cependant, à en croire Herschell, Wega a 0",33, Aldébaran, 1",5, la Chèvre, 2",5 de diamètre; cette dernière contiendrait donc alors 20 millions de corps égaux au Soleil.

Mouvements propres. Nous avons dit que les étoiles conservent leurs distances angulaires les unes à l'égard des autres, et qu'elles n'ont que les mouvements apparents du ciel entier, mais qu'elles sont immobiles dans l'espace. Ce qui est vrai en général ne l'est pas absolument dans certains cas particuliers; car en observant attentivement les étoiles, on en remarque qui ont de très petits mouvements, devenus sensibles par le temps, et tout-à-fait distincts de la parallaxe, de la précession et de la nutation, ne s'exécutant pas dans le même sens que ceux-ci. Sirius a un mouvement propre annuel de 2" degré; Arcturus en a un de 1",5; Procyon, un de 0",7; la 29e de l'Éridan, un de 4"; η de Cassiopée, un de 1",78, etc. Ces petits déplacements se font dans des directions diverses. Comme ces corps sont à des distances immenses, on voit qu'ils parcourent ainsi de très grands espaces. Il est même vraisemblable que toutes les étoiles se meuvent, mais que leur éloignement ne nous permet pas d'en être certain.

Étoiles doubles. Plusieurs étoiles, lorsqu'on les observe avec des lunettes à forts grossissements, se trouvent composées de 2, de 3 et 4 étoiles distinctes, mais fort rapprochées, et qui se confondent en une seule à la vue simple. Ainsi la belle étoile Castor est formée de deux étoiles distantes de 5" de degré. Herschell a compté jusqu'à 500 étoiles doubles, dont les étoiles partielles n'étaient pas à 30" de distance; et de nos jours le nombre de ces astres multiples s'élève à plus de 3000.

On croyait d'abord que ce rapprochement n'était qu'un effet d'optique et de projection; car deux astres qui seraient placés à des profondeurs très inégales dans l'espace, mais dans la même direction, nous sembleraient se confondre : et le mouvement de la Terre dans l'écliptique ne suffirait pas pour les séparer, puisque l'étendue de cette orbite est tout-à-fait nulle, com-

parée à la distance. Il y a sans doute des étoiles multiples qui sont dans ce cas; mais ce n'est pas le plus grand nombre.

En effet, en suivant attentivement leur marche, on trouve que les deux étoiles forment quelquefois un système à part; l'une et l'autre tournent autour de leur centre commun de gravité. C'est comme si la Terre était lumineuse par elle-même, et tournait autour du Soleil. Souvent même ces deux étoiles diffèrent entre elles par la couleur.

On tend au foyer de la lunette deux fils qui se croisent dans l'axe optique, et dont l'un est fixe, tandis que l'autre peut tourner sur le centre du champ, de manière à occuper tous les rayons de ce cercle. Cette lunette adaptée à la machine parallactique (p. 6), et dirigée à l'une des étoiles doubles, en la faisant coïncider avec le centre, servira à suivre les mouvements de l'autre étoile: car la lunette pourra tourner avec le ciel, marcher avec la première étoile, et le fil mobile restera couché sur la seconde. Si celle-ci décrit une orbite autour de l'autre, ce fil devra être déplacé pour la couvrir de nouveau; il faudra le faire tourner dans la lunette, en décrivant des arcs dont on pourra obtenir la graduation. Quand l'étoile mobile passera ainsi de l'est au nord, puis à l'ouest et au sud de l'étoile fixe, on pourra connaître la durée de cette révolution, et par le calcul, il sera facile d'assigner la loi de ces mouvements. C'est ainsi qu'on est parvenu à déterminer les temps des excursions des étoiles dont nous parlerons plus tard, prévoir les époques où l'une occultera l'autre, etc., en admettant toutefois que ces corps s'attirent en raison directe des masses, et inverses des carrés des distances. Cette supposition se trouve même complétement vérifiée, parce que l'observation montre qu'elle rend raison de toutes les apparences, et que, sauf les petites erreurs inséparables de ces expériences délicates, l'astre mobile ne s'écarte pas de la place que lui assigne cette hypothèse. Ainsi la loi de l'attraction newtonienne est démontrée, non-seulement pour notre système planétaire, mais pour les étoiles doubles dont on a calculé les orbites: cette loi est donc véritablement *universelle*.

L'observation attentive des mouvements des étoiles a beaucoup d'importance en astronomie, parce qu'on peut en déduire une approximation de la distance de ces astres, et plusieurs autres connaissances utiles. (*Voyez* un mémoire de M. ARAGO dans l'*Annuaire* de 1834.)

Étoiles filantes. On voit quelquefois, au milieu d'une nuit profonde et par un temps serein, des points étincelants qui parcourent rapidement le ciel, en imitant une fusée qui traverse l'air : c'est un sillon lumineux qui s'éteint presque aussitôt; et, ce qui est fort singulier, sans qu'on en connaisse la cause, c'est que ce phénomène est plus fréquent dans certains mois. Vers le 13 novembre, on remarque un grand nombre de ces jets de lumière subite, qu'on a nommés *étoiles filantes*. On sait bien que ce ne sont pas des étoiles, et l'on a long-temps cru que ce n'étaient que des ruisseaux de gaz qui s'enflammaient par des causes électriques, en un mot de véritables *météores*. Mais leur parallaxe les place beaucoup plus haut que les limites sensibles de notre atmosphère ne semblent le comporter. En cherchant la direction apparente suivant laquelle les étoiles filantes se meuvent le plus ordinairement, on a reconnu, par une autre voie, que si elles s'enflamment dans notre atmosphère, elles n'y prennent pas du moins naissance, qu'elles viennent du dehors. *Cette direction la plus habituelle des étoiles filantes, semble diamétralement opposée au mouvement de translation de la Terre dans son orbite.* Des observations donnent environ 200 lieues pour la hauteur de ces feux; la vitesse apparente s'est trouvée quelquefois de 12 lieues par seconde, double par conséquent de celle de la Terre, et plus grande que celle de toutes les planètes supérieures.

D'après ces considérations, on est, pour ainsi dire, forcé d'admettre qu'il circule autour du Soleil des milliards de petits corps semblables aux planètes; que ces corps ne deviennent visibles qu'au moment où ils traversent notre atmosphère et s'y enflamment; qu'il en existe d'isolés, et d'autres qui sont comme réunis en groupes. Dans la nuit du 11 au 12 novembre 1833, on a vu en Amérique une si grande quantité de ces phé-

nomènes qu'on n'aurait pu les compter, et qu'on les a comparés à une pluie d'étoiles. *Tous ces météores tendaient vers le même point du ciel* près de γ du Lion. Dans la nuit à peu près de la même date, en 1799 et en 1832, plusieurs observateurs ont été témoins d'une semblable pluie. Ces singuliers météores sont bien propres à justifier l'opinion que nous avons exprimée dans la note, page 223, que les *aérolithes* sont de petits corps cosmiques, invisibles pour nous, circulant autour du Soleil, et qui une fois enveloppés dans la sphère d'attraction de notre globe, s'y précipitent, et entrent en fusion, par leur frottement rapide dans l'atmosphère.

Nous terminerons cette exposition, en citant les réflexions que cet admirable ensemble a inspirées à un illustre géomètre.

« D'innombrables soleils qui peuvent être les foyers d'autant de systèmes planétaires, sont répandus dans l'immensité de l'espace, à un éloignement de la Terre tel, que le diamètre entier de l'orbe terrestre, vu de leur centre, est insensible. Plusieurs étoiles éprouvent dans leur couleur et dans leur clarté des variations périodiques très remarquables : il en est d'autres qui ont paru tout-à-coup et ont disparu, après avoir, pendant quelque temps, répandu une vive lumière. Quels prodigieux changements ont dû s'opérer à la surface de ces grands corps, pour être aussi sensibles à la distance qui nous en sépare? Combien ils doivent surpasser ceux que nous observons à la surface du Soleil, et nous convaincre que la nature est loin d'être toujours et partout la même? Tous ces corps, devenus invisibles, sont à la place où ils ont été observés, puisqu'ils n'en ont pas changé durant leur apparition; il existe donc dans l'espace céleste des corps obscurs aussi considérables, et peut-être en aussi grand nombre, que les étoiles. » (LAPLACE, *Système du Monde*, livre V, chap. VI.)

FIN DE LA PREMIÈRE PARTIE.

DEUXIÈME PARTIE.

CONNAISSANCE DU CIEL.

Des Constellations.

136. Nous avons jusqu'ici cherché à démêler les mouvements réels des corps célestes d'une foule d'apparences plus ou moins trompeuses; il s'agit maintenant de rétablir ces apparences, de les étudier en elles-mêmes, d'en prévoir les résultats, et de les employer à la résolution de divers problèmes.

Nous avons vu l'espace peuplé d'une multitude d'étoiles fixées à des distances prodigieuses de nous; ces myriades d'astres, qui ne nous paraissent que des points étincelants, sont autant de Soleils lumineux par eux-mêmes, foyers de chaleur et de lumière, que l'éloignement rend presque insensibles à nos organes (nº 134). Dans ce désert immense que les étoiles laissent entre elles et nous, et dont l'étendue est peut-être à peine égale à celle qui les sépare les unes des autres, est placé le Soleil, astre qui n'est lui-même qu'une étoile dont l'éclat et les dimensions sont accrues par le rapprochement. C'est autour de lui que circulent plusieurs sphéroïdes opaques qu'on nomme *Planètes*, qui ne sont visibles que parce qu'ils nous renvoient la lumière solaire. Ces corps ne sont pas immobiles comme les étoiles; au contraire, ils ont un mouvement propre qui les transporte dans les espaces célestes, en même temps qu'ils tournent sur un axe; ayant ainsi deux mouvements, l'un de rotation sur eux-mêmes, l'autre de translation dans une courbe elliptique. Ces deux mouvements sont, pour toutes les planètes dirigées dans le même sens, d'occident en orient, comme s'ils eussent résulté d'un choc unique, imprimé à toutes à la fois, dans une di-

Digitized by Google

rection excentrique à chacune, et que ces mobiles eussent réparti entre eux cette impulsion dans des relations indépendantes de leurs masses, de leur état initial, ou d'autres circonstances primitives (n° 92).

Le Soleil est placé au foyer de ces diverses ellipses (fig. 26), tournant lui-même sur son axe d'occident en orient, et l'attraction qu'exerce sur les planètes sa masse immense croît comme leurs masses et décroît comme les carrés de leurs distances. Cette action retient ces corps dans leurs orbites, accélérant leur marche vers le périhélie, la retardant vers l'autre apside, enfin communiquant à chacune un mouvement d'autant plus lent que l'orbite a plus d'étendue. Ces trajectoires sont peu inclinées entre elles, et les planètes s'écartent à peine du plan de notre orbite, laquelle est une ligne presque circulaire tracée dans l'espace; car la Terre n'est elle-même qu'une planète, et même elle est bien loin d'être une des plus volumineuses. Son mouvement de rotation diurne produit l'apparence d'une révolution entière du ciel en sens contraire, ou d'orient en occident, et la succession des jours et des nuits; son mouvement annuel se faisant autour d'un axe dont l'inclinaison est constante sur le plan de l'orbite, et qui est emporté dans l'espace, en conservant le parallélisme, produit les saisons, et cette sorte d'illusion qui nous fait attribuer au Soleil une place différente chaque jour, et change les aspects célestes, comme si un mouvement commun transportait de 1° par jour ces astres vers l'ouest. Comme nous nous jugeons immobiles, le Soleil nous semble doué de notre propre translation : de même que la rotation diurne de la Terre se traduit à nos yeux par la rotation apparente de la sphère étoilée, de même nous traduisons la translation de la Terre dans son orbite annuelle par une translation apparente du Soleil dans le ciel. Cet astre répond successivement à divers points, et semble parcourir chaque jour à peu près un degré, en allant de droite à gauche. C'est ce qui sert à expliquer la différence d'aspects que présente le ciel dans les diverses saisons.

Plusieurs planètes ont des satellites, sortes de globes qui circulent autour d'elles, et parcourent des ellipses dont elles sont le

foyer. Ces satellites, emportés dans l'espace par la translation de la planète, qui en est le centre d'attraction, marchent suivant les mêmes lois que celle-ci autour du Soleil, et cet astre attirant ces corps et leurs satellites, comme tous s'attirent réciproquement, il en résulte des altérations dans leurs vitesses et dans les éléments de leurs orbites. Ces perturbations changent les durées des révolutions; la position des apsides, qui tournent lentement autour du foyer; les nœuds, qui rétrogradent sans cesse; enfin les inclinaisons, qui varient en se balançant autour d'un état moyen. La Lune est le satellite de la Terre, et la petitesse de sa masse étant compensée par le rapprochement, nous en ressentons l'influence, qui se manifeste par divers phénomènes : les marées, la précession et la nutation.

Les comètes, enfin, complètent notre système solaire; ce sont des corps opaques qui se meuvent, sous toutes les directions et dans tous les sens, dans des ellipses excessivement allongées, dont le Soleil est aussi le foyer d'attraction. Ces corps ne sont pas perceptibles pour nous, lorsque, situés à d'immenses éloignements, la lumière du Soleil qui les éclaire n'a pas assez d'intensité pour frapper nos yeux; mais, en s'approchant de nous, ils reçoivent en même temps plus de lumière; et vers leur périhélie, où une température excessive les pénètre et les vaporise, nous les apercevons sous ces figures singulières qu'elles reperdent peu à peu en s'éloignant.

Tel est le système que nous avons exposé, et qui a été exprimé par un de nos plus grands poètes, dans ces vers élégants :

Dans le centre éclatant de ces orbes immenses,
Qui n'ont pu nous cacher leur marche et leurs distances,
Luit cet astre du jour, par Dieu même allumé,
Qui tourne autour de soi sur son axe enflammé.
De lui partent sans fin des torrents de lumière;
Il donne, en se montrant, la vie à la matière,
Et dispense les jours, les saisons et les ans,
A des mondes divers autour de lui flottants.
Ces astres, asservis à la loi qui les presse,
S'attirent dans leur course et s'évitent sans cesse;
Et, servant l'un à l'autre et de règle et d'appui,
Se prêtent les clartés qu'ils reçoivent de lui.

Au-delà de leur cours et loin de cet espace,
Où la matière nage et que Dieu seul embrasse,
Sont des soleils sans nombre, et des mondes sans fin :
Dans cet abîme immense il leur ouvre un chemin.
Par-delà tous ces cieux le Dieu des cieux réside.

HENRIADE, VII.

137. Il est d'autant plus nécessaire de se bien pénétrer du système de l'univers, tel que nous l'avons démontré dans la première partie, qu'abandonnant désormais les réalités des mouvements célestes, c'est à l'étude des apparences que nous allons surtout nous livrer. La récapitulation rapide que nous venons de faire des vérités astronomiques doit sans cesse être présente à l'esprit, pour rectifier l'exposition qui va être donnée des seuls mouvements apparents, concevoir les usages qu'on en fait pour les besoins de la société, et démontrer chacun des procédés qu'on va enseigner, soit en les ramenant au véritable état du ciel, soit en conservant les apparences que nous lui substituons. Ainsi, sans se laisser abuser par le langage que nous allons emprunter, on saura interpréter toutes nos explications.

La Terre sera immobile au milieu de l'espace ; le ciel, semblable à une sphère sur laquelle seraient fixés des milliers de points étincelants, tournera d'un mouvement rigoureusement uniforme en $23^{h}\,56'\,4'',1$ t. moy., d'orient en occident, sur un axe idéal à peu près invariable ; l'horizon nous cache une moitié de cette sphère ; nous remarquerons le lever et le coucher des étoiles en divers lieux, dépendants de l'étendue de l'arc qu'elles doivent décrire sous nos yeux, et de l'élévation qu'elles atteignent à leur passage au méridien.

Les planètes et les comètes sont les seuls astres qui ne conservent pas les distances mutuelles. En les rapportant à ceux qui en sont voisins, on les voit procéder d'occident en orient ; leur marche propre est plus ou moins rapide, et sujette à quelques irrégularités qui l'accélèrent, la retardent ou même la font rétrograder ; elle se combine avec le mouvement diurne, et ces corps se lèvent, se couchent et circulent autour de nous, comme les autres astres ; en sorte qu'en les comparant à ceux-ci, ce n'est

Digitized by Google

qu'après plusieurs jours, et même quelquefois plusieurs mois, qu'on peut reconnaître le déplacement qui atteste un mouvement propre.

Le Soleil lui-même suit une route circulaire dans le ciel, dont il parcourt la circonférence entière en un an. Chaque jour cet astre suit la rotation de la sphère, ce qui nous amène le lever et le coucher, le jour et la nuit; mais aussi chaque jour, se rapprochant vers l'orient, il décrit un arc de près d'un degré. Cet arc donne un peu plus de durée à sa révolution diurne qu'à celle des étoiles; les 24 heures solaires marquées par le retour de l'astre au méridien, dépassent celui d'une étoile de près de 4′, et le Soleil changeant peu à peu de place dans la sphère céleste, parcourt environ 30° par mois. La partie du ciel que cet astre ne cache pas par sa présence, nous offre donc des aspects graduellement variables. Qu'on jette les yeux sur les étoiles à 9ʰ du soir, par ex., et qu'on en remarque une des plus brillantes du côté de l'horizon oriental; le mois suivant, à la même heure, elle sera plus élevée, et de mois en mois, on la verra, à 9ʰ du soir, plus près du méridien, puis placée au-delà, puis abaissée sur l'horizon occidental; et enfin cette étoile cessera de paraître, comme si elle eût marché de gauche à droite : apparence qui résulte d'une autre qui consiste à juger que le Soleil a, au contraire, procédé de droite à gauche de 30° par mois.

Cet arc de 1° que le Soleil décrit chaque jour, est sur un cercle oblique à l'équateur, auquel il est incliné de $23° \frac{1}{2}$, et qu'il n'achève de parcourir qu'en un an. Le Soleil change chaque jour le lieu de son lever et de son coucher, ainsi que sa hauteur à midi. Au solstice d'été, il atteint sa plus grande élévation; il est au plus bas au solstice d'hiver. La progression que suit le Soleil dans le ciel, l'approche ou l'éloigne tour à tour de l'équateur, qu'il ne décrit qu'aux équinoxes : tel est le phénomène du renouvellement des saisons.

La Lune se meut autour de nous comme le Soleil, et présente toutes les mêmes apparences; mais comme elle décrit le tour entier du ciel en $27^j \frac{1}{3}$, on la voit marcher chaque jour de 13° d'occident en orient, s'approcher et s'éloigner à grands pas des

étoiles qui bordent sa route. Relativement au Soleil, elle ne s'éloigue vers la gauche que de 12° par jour, et le retard diurne de son passage au méridien est de 48′ 46″ t. moy. Le progrès des phases de la Lune vient encore ajouter à l'importance des mouvements de cet astre.

Telles sont donc les apparences générales auxquelles nous devons donner une attention particulière. Dans la première partie, nous avons exposé les principes nécessaires à l'intelligence de la seconde, qui n'est qu'une suite d'applications de ces principes à la connaissance du lieu des astres, pour un instant et un lieu donnés, et à la résolution de divers problèmes qui en dépendent.

Les étoiles ont été réunies en *Constellations* ou *Astérismes*, groupes auxquels on a imposé des noms tirés de la fable, de l'histoire, ou des règnes de la nature. Ces dénominations, consacrées par l'antiquité, sont d'ailleurs tout-à-fait arbitraires, et à moins que l'imagination ne se crée des fantômes, comme elle fait voir des tableaux dans les contours capricieux des nuages, on ne doit s'attendre à trouver, dans les groupes d'étoiles, rien qui puisse rappeler la figure, ou imiter l'image de l'objet dont la constellation porte le nom. Nous avons préféré ne pas dessiner ces images sur les cartes, qui eussent été plus confuses, sans profit pour l'instruction, et peut-être d'un usage plus incommode, en offrant à l'esprit des idées fausses. Les constellations zodiacales présentant seules un degré d'intérêt, parce que l'histoire en tire des indications utiles pour porter la lumière dans l'étude des fables de l'antiquité, nous avons cru devoir en tracer les figures dans la carte IV.

138. Il eût été impossible de donner un nom propre à chaque étoile; une aussi grande multitude de corps aurait exigé un immense vocabulaire. L'Astronomie des premiers peuples s'est bornée à quelques distinctions grossières; on s'est d'abord contenté de dénommer les planètes et les plus belles étoiles, et nous avons conservé cet usage; mais quand on a voulu étudier avec plus de soin, et qu'on a eu besoin de désigner les astres

d'un éclat moindre, on n'a pu suivre une méthode dont on sentait l'imperfection. On s'est conduit comme le font les naturalistes, qui, pour dénommer les espèces des trois règnes, réunissent sous un nom commun un certain nombre d'individus, qu'ils distinguent ensuite entre eux par une qualification. Les astronomes ont réuni les étoiles en divers groupes, sur lesquels ils ont dessiné un animal ou un être fabuleux.

Tel est donc le système adopté pour classer et dénommer les étoiles. Un lion est dessiné sur un groupe de ces astres; l'une occupe le cou, l'autre est au dos, celle-ci à la queue, celle-là au cœur, et ces places servent à distinguer chacune en particulier. Pour parvenir à classer et dénommer un aussi grand nombre de corps, on a affecté à chaque étoile une lettre grecque ou romaine, ou même un chiffre, qui sert à sa dénomination. C'est ainsi qu'on dit *α de la grande Ourse*, *α des Gémeaux*, *β d'Orion*.... Les étoiles dont l'éclat est le plus vif sont dites de *première grandeur*, ou *primaires*; celles dont la lumière est un peu moindre sont de *seconde grandeur* ou *secondaires*; il y en a de 3e, 4e.... Au-dessous de la 6e, les étoiles ne sont plus visibles sans lunettes. Il ne faut pas attacher à ces nombres des idées d'exactitude, puisque la classification est établie d'après l'éclat et non d'après la grandeur, les dimensions de toutes les étoiles étant également inappréciables. Aussi les astronomes ne sont-ils pas d'accord entre eux à ce sujet; quelques étoiles sont entre la 1re et la 2e grandeur, d'autres entre la 2e et la 3e, etc.

On a aussi conservé quelques noms particuliers, tirés de l'arabe ou du grec, à diverses étoiles très remarquables. Ces noms, pour les étoiles de 1re grandeur, sont les suivants : *Sirius, l'épaule droite d'Orion, son pied gauche ou Rigel, l'œil du Taureau ou Aldébaran, la Chèvre, la Lyre, Arcturus, Antarès ou le cœur du Scorpion, l'épi de la Vierge, le cœur de l'Hydre, la queue du Lion, le cœur du Lion ou Régulus, Canopus, Fomalhaut et Acharnar.*

Des quinze étoiles primaires ci-dessus dénommées, il en est deux que plusieurs astronomes ne regardent que comme se-

condaires : *l'épi de la Vierge* et *le cœur de l'Hydre*; d'autres, au contraire, veulent que *Altair*, *Procyon*, *Castor*, *la queue du Cygne*, soient primaires. Cette différence d'opinion tient, comme on l'a dit, à ce que la mesure de l'éclat des étoiles manque de précision. Au reste, ces distinctions ne sont d'aucune importance pour l'astronomie.

Après le spectacle d'un beau jour, en est-il de plus imposant que celui d'une belle nuit, lorsque le ciel sans nuages nous découvre ses plaines azurées, où l'or semble mêler son éclat aux diamants dont elles sont semées? Que le manteau de la nuit est riche et pompeux! Sous cet aspect, elle n'a rien d'affreux : elle est aussi une divinité; elle répand sur son passage une rosée bienfaisante qui abreuve les fleurs, les feuilles et les plantes desséchées par l'ardeur du jour, et elle entretient dans l'air cette douce humidité nécessaire à la végétation. Elle est comme la mesure du sommeil de la nature; et elle étend un voile sur l'homme et sur les animaux pendant leur repos, qu'elle environne d'un majestueux silence. A l'ombre de ses ailes, tout ce qui respire sur la Terre, dans les airs, dans les eaux, se délasse des travaux du jour, ou jouit des plaisirs de l'amour. Ses ténèbres ne sont point celles du chaos, car elle a sa lumière, son ordre et son harmonie qu'on admire et qui ne le cède qu'à celle du jour. Ce n'est point, il est vrai, cet éclat éblouissant du Soleil qui fait tout disparaître, excepté lui, dans les cieux, et nous découvre tout sur la terre; la nuit, au contraire, nous cache la terre, et veut que nous ne soyons plus occupés que du spectacle des cieux, dont, sans elle, les astres brillants nous seraient inconnus. (*Orig. des Cultes*, I, page 111.)

Quoiqu'on puisse observer le ciel dans toutes les nuits sereines, celles d'automne et d'hiver sont préférables à cause de leur longueur, et parce que la lueur crépusculaire diminue peu l'éclat des étoiles. Deux belles nuits, vers les mois d'octobre et de mars, suffiront pour faire connaître toutes les constellations visibles à Paris. On ne distinguera d'abord que les plus brillantes (les primaires et les secondaires); leur éclat les rend remarquables, même lorsque le ciel est un peu couvert, ou

Digitized by Google

quand la Lune brille, et ce sont autant de repères qui servent à trouver les noms des étoiles voisines.

Pour apprendre à reconnaître les étoiles, on se sert de deux procédés, les passages au méridien et les alignements. Le premier consiste à se placer à la lunette méridienne, ou seulement dans un alignement méridien, tel que nous enseignerons à le trouver, et à observer l'heure du passage successif des principales étoiles. Ces heures suffisent pour trouver le nom de chacune, à l'aide de nos cartes, ainsi que nous le montrerons.

Dans le second procédé, il faut connaître d'avance les noms d'un certain nombre d'étoiles très remarquables, et s'en servir pour déterminer les autres. On tend un fil, par ex., et on le place de manière à aligner trois étoiles, dont deux sont déjà connues : il suffit que cet alignement soit approché. On recourt ensuite aux cartes ci-après, et l'on y forme le même alignement, qui conduit ainsi sur l'étoile inconnue, en ayant égard aux distances observées.

Il convient donc, avant tout, d'exposer la formation de ces planisphères ; mais nous devons prévenir que, sur les cartes, les alignements ne répondent qu'à peu près à ceux que nous voyons au firmament. On ne peut projeter la sphère céleste sur un plan, que par des procédés qui ont leurs avantages et leurs inconvénients. Après avoir essayé avec soin toutes les projections connues, nous avons préféré celles qui conservent aux constellations leurs figures, objet ici le plus important; mais les alignements sont un peu altérés, surtout si on les prolonge beaucoup.

139. L'asc. dr. et la déclin. sont les deux coordonnées qui déterminent la place des astres, en prenant pour axes l'équateur et un cercle horaire (n° 9). Il suffit donc, pour former des cartes du ciel, d'adopter un système de projection de la sphère céleste, d'y rapporter l'équateur et les méridiens, afin d'y placer les étoiles, dans le réseau ainsi formé, d'après leurs asc. dr. et leurs déclin., précisément comme on place les villes, dans les cartes terrestres, d'après leurs longitudes et latitudes.

Les planisphères I et II représentent les constellations polaires; elles sont construites d'après la méthode de Lorgna. (*Voyez* ma *Géodésie*; n° 333.) Les méridiens y sont représentés par une suite de rayons qui se croisent tous au pôle sous des angles égaux à ceux que forment les cercles horaires entre eux : l'équateur et ses parallèles sont figurés par des circonférences concentriques dont le centre est au pôle.

Cette projection a l'inconvénient de dilater les dimensions dans le sens des circonférences, surtout vers l'équateur, et de les resserrer dans le sens des rayons; mais toutes les constellations circompolaires sont très exactement représentées; ce qui importe le plus ici, attendu que les parties voisines de l'équateur sont figurées ailleurs. L'usage de cette carte est d'ailleurs très commode, puisque les méridiens étant des droites, et les parallèles à l'équateur des cercles concentriques, la règle et le compas suffisent à la résolution d'une foule de problèmes. La carte II est destinée à montrer, sous de plus grandes dimensions, les constellations voisines du pôle de l'écliptique.

Les planisphères III et IV sont des *Cartes réduites*; l'équateur est une droite et les méridiens sont des perpend. à cette ligne. Les degrés d'asc. dr. sont marqués en haut et en bas du cadre; les parties latérales portent les degrés de déclin. Pour y trouver une étoile désignée, il suffit de mener des parallèles à ces deux dimensions, soit par les numéros des degrés d'as. dr. et de déclin. donnés table XI, soit par le point où est l'astre sur la carte.

Comme ces cartes représentent la concavité du ciel, l'observateur est censé avoir le visage tourné vers le midi, l'occident à droite et l'orient à gauche; les constellations ont par conséquent leur mouvement direct de gauche à droite. Au-dessous des degrés d'asc. dr., on lit les temps qui en sont la traduction à raison de 15° par heure (n° 7). Nous avons marqué pareillement l'asc. dr. du Soleil pour chaque jour à midi, ainsi que sa déclin., et unissant ces points par un trait continu, l'écliptique est développée selon une courbe; d'où il suit qu'on peut trouver de suite le lieu que le Soleil occupe chaque jour dans le ciel, les étoiles dont il est voisin, son asc. dr., sa déclin., etc. L'u-

sage de cette courbe sera expliqué par la suite avec plus d'étendue, n° 218.

La carte IV représente les constellations zodiacales avec leurs figures. La droite qui la traverse est l'écliptique; les cercles de latitude sont des droites perpendiculaires à cette ligne, sur laquelle se comptent les degrés de longitude et les signes; l'équateur y est représenté par une courbe.

On ne doit pas oublier qu'en vertu de la rotation du ciel, les étoiles, tout en conservant leurs distances et leurs relations mutuelles, tournent avec le ciel; les lignes idéales qui les joignent en reçoivent des directions variables, qu'on n'a pu figurer dans les cartes. Telle droite qu'on imagine passer par deux étoiles, se trouve tantôt horizontale, tantôt inclinée, tantôt verticale. Ce sont surtout les constellations circompolaires qui présentent ces variations d'une manière plus remarquable.

Que l'observateur se place dans un lieu découvert, qu'il ait le dos tourné au midi, et par conséquent le nord en face, le levant à droite, le couchant à gauche : il aura devant lui le pôle boréal, distingué par une étoile qui semble être immobile, et qu'on nomme *polaire* : elle brille presque seule dans cette région du ciel, et nous apprendrons à la reconnaître. Il nous suffit maintenant de dire que toutes les constellations tournent autour de ce point (celles qui en sont voisines ne se couchant jamais), et prennent en 24^h toutes les situations possibles, soit en haut, soit en bas, et de l'un ou de l'autre côté (n° 3). Nous avons vu que par la succession des saisons, le ciel change d'aspect à une même heure de chaque nuit; le cercle horaire d'une étoile s'avance de jour en jour vers l'occident, et procède vers celui que le Soleil occupe. On ne peut d'ailleurs indiquer la place d'un astre qu'en ayant égard aux variations diurnes (*voy.* n° 225), car sa position change à chaque instant d'une même nuit, l'étoile ne revenant au même lieu qu'apres 24^h sidérales.

Le spectateur ainsi placé, voit devant lui une constellation que nous allons décrire et qu'on nomme la *grande Ourse* (fig. 36) : on devra d'abord chercher à la reconnaître, parce qu'à l'aide des alignements et des cartes, elle servira à trouver successivement

toutes les autres. Nous engageons à procéder à cette observation dans l'ordre suivant (du moins si ces constellations sont visibles) : la grande Ourse, la Polaire, Cassiopée, Pégase, Andromède, Persée, le Lion, Orion, Sirius, les Gémeaux, le Taureau, le Cocher, la Lyre, le Cygne, le Scorpion et le petit Chien. Les autres étoiles se présenteront ensuite d'elles-mêmes.

Entrons maintenant en matière, et indiquons les figures des constellations et les alignemeuts qui peuvent servir à les reconnaître.

Constellations boréales.

140. La grande Ourse, le Chariot : *Ursa, Septem triones, Helix, Plaustrum* [Ἄρκτος μεγάλη, Ἑλικὴ, Ἅμαξα μεγάλη; *Aldebb al Akbar*] Planisphères I et II.

Cette constellation est une de celles qui ne se couchent jamais à Paris, et qui, par conséquent, prend toutes les situations possibles en tournant autour du pôle, propriété qu'elle partage avec les trois suivantes. Elle est formée principalement de sept belles étoiles (fig. 36, Pl. 3) ; dont quatre, α, β, γ et δ, forment un carré long; les trois autres ε, ζ et η, sont en ligne courbe, dont les deux premières sont sur le prolongement de la diagonale βδ du carré. Ces étoiles sont secondaires (excepté δ qui est tertiaire) ; α, β se nomment *les Gardes*, α est *Dubhe*, β *Merak*, γ *Phegda*, δ *Megrez*, ε *Alioth*, ζ *Mirzar*, η *Alkaid*; *à la queue*, sont η (*Benetnach*) et ζ, ε. En avant du carré et du côté opposé à la queue, Planis. I, on voit 6 à 7 étoiles quartaires, placées en demi-cercle *o h* υ φ θ κ ι, convexe vers le carré, et dont un bout κ ι se joint à trois ou quatre autres du Lynx, pour former une sorte de S. Ce demi-cercle *o h* υ θ est la *tête* de l'Ourse ; les quatre pattes μλ, νξ et κι sont placées entre l'Ourse et le Lion, λ et μ se nomment *Tania*, ν et ξ *Alula*, ι *Talita*.

141. La petite Ourse, le petit Chariot : *Ursa minor, Cynosura* (Ἄρκτος μικρὰ; *Aldebb al Asghar*). Planis. I et II.

Plus près du pôle que la précédente, cette constellation est aussi formée de sept étoiles qui affectent la même figure, mais

avec moins d'éclat, sous des dimensions moindres, et placée en sens inverse. Si l'on prolonge la ligne $\alpha\,\beta$ des deux gardes de la grande Ourse, ou le côté dn carré qui est opposé à la queue, on sera conduit à la dernière de la queue de la petite Ourse ; c'est *la Polaire* α ou *la Tramontane* (*Algédi, Rucchabah*); elle est à 1° 36′ dn pôle (*v.* t. XI). Les deux étoiles $\beta\,\gamma$ sont *les gardes*, β *Kocab*, γ *Pherkad*; ε, δ et α composent la queue. Excepté α, β et γ, les autres étoiles sont peu visibles.

On voit donc combien il est facile de s'orienter la nuit, c'est-à-dire de trouver les quatre points cardinaux.

142. Cassiopée, le Trône, la Chaise : *Cassiopea, Siliquastrum*, *Solium* (Κασσιέπεια, *Zat al Korsi*). Planis. I et II.

Cette constellation est de l'autre côté du pôle par rapport à la grande Ourse ; elle est de celles qui ne se couchent jamais en France. La ligne qui va de la première ε de la quene de la grande Ourse à l'étoile Polaire, prolongée d'une quantité égale, va traverser Cassiopée. Ce groupe de 5 étoiles tertiaires est très remarquable par sa figure en Y (fig. 37 et Pl. II), dont la queue est brisée à l'étoile δ, et qui prend d'ailleurs toutes les situations à mesure qu'elle tourne. Quelques personnes y trouvent encore la forme d'une chaise renversée : $\beta\,\alpha\,\gamma$ et $\varkappa$ sont le siége, $\gamma\,\delta\,\varepsilon$ sont le dos courbé. Ces figures sont assez équivoques, surtout à raison des changements causés par la rotation diurne; mais rien n'est plus facile que de distinguer cette constellation. α est *Schédir*, β *Ghaph*, δ *Rucha*.

143. Céphée : *Cepheus*, *Jasides*, *Nereus* (Κηφεύς, *Ficaous*). Planisphères I et II.

Trois étoiles tertiaires $\alpha\,\beta\,\gamma$, près de la ligne qui va de la Polaire à α du Cygne, forment un arc dont le centre est vers β de Cassiopée, et qui tourne sa convexité au Dragon ; cet arc est plus près du pôle qne Cassiopée. La ligne $\alpha\,\beta$ des gardes de la grande Ourse, qui prolongée donne la Polaire, va se porter au-delà sur γ, qui limite l'arc de Céphée. α est *Alderamin*, β *Alphirk*, γ *Erraï*.

144. Pégase, la Grande Croix : *Pegasus, Equus ales, Equus gorgonius* (Ἵππος, Πήγασος, Ἡμιτελὴς Ἵππος ; Λείριον, Ἵππος για ; *al Faras Ala'dram*). Planisphères I, et III.

En prolongeant la ligne qui va des gardes α β de la grande Ourse à la Polaire, on traverse, au-delà de Cassiopée, le carré de Pégase (fig. 38), formé de 4 étoiles secondaires ; les deux méridionales sont γ *Algénib* et α *Markab* ; les deux septentrionales sont β *Scheat*, à l'occident, au-dessus de *Markab*, et la tête α d'Andromède (Ὀμφαλὸς Ἵππου, *Sirrah*) au-dessus d'Algénib.

Le carré de la grande Ourse et celui de Pégase sont des deux côtés opposés du pôle, et viennent passer au méridien, à 12^h environ d'intervalle l'un de l'autre. ε est *Enif*, ζ *Homam*, η *Matar*.

145. Andromède : *Andromeda, Persea* (Ἀνδρομέδα ; *al Marat al Mos al Selat*). Planisphère I et fig. 38.

Cette constellation offre un caractère très remarquable (fig. 38) ; la diagonale α α de Pégase, prolongée au-dessous de Cassiopée, s'étend jusqu'à Persée, en passant sur les trois secondaires d'Andromède, savoir : α l'une des quatre du carré *Sirrah*, β à la ceinture *Mirach*, et γ au pied *Alamak* : ces trois étoiles sont équidistantes et forment une ligne un peu courbée.

146. Le Dragon : *Draco, Serpens, Anguis, Python, Esculapius, Hesperidum custos* (Δράκων, *al Tannin*). Planisphères I et II.

Cette constellation est du nombre de celles qui ne se couchent point à Paris ; elle est très facile à reconnaître à la file d'étoiles en ligne doublement sinueuse que nous allons décrire. La queue sépare les deux Ourses et a une secondaire, α *Thuban, Ras thaban*, placée entre les gardes de la petite, et ζ à la queue de la grande. En suivant cette file de 5 étoiles $\lambda\,\kappa\,\alpha\,\iota\,\theta$, on trouve un coude à cette dernière, puis une étoile η sur le prolongement des gardes de la petite Ourse : c'est le corps du Dragon qui contourne cette constellation, en se rapprochant de la Polaire, ou plutôt

de Céphée, et s'en éloigne ensuite par une courbure en sens contraire. On suit cette traînée d'étoiles ζ ω χ τ δ π..., et l'on arrive à la tête, formée de quatre étoiles tertiaires très visibles γ β ν ξ, sur la ligne qui va de la Lyre à α du Dragon; β est *Alwaid*, γ *Etamin*, λ *Giausar*, μ *Arrachis*, θ *Aldib*.

147. PERSÉE : *Perseus*, *Pinnipes*, *Inachides*, *Abantiades*, *Cyllenius*, *Acrisioniades* (Περσεὺς, Ἱπποτης; *Fersaous*, *Chelub*). Planisphère I et fig. 38.

La luisante α de Persée (Πλευρὰ Περσάους, *Mirfack*, *Genb Fersaous*), étoile secondaire sur le prolongement des trois principales d'Andromède, est entre deux autres tertiaires δ et γ, qui forment un arc concave vers la grande Ourse, et très facile à distinguer. À partir de δ, on voit deux files d'étoiles; l'une va à l'orient, vers la Chèvre, et continue l'arc de Persée; l'autre, qui va au midi, formant d'abord une courbure opposée, se porte en ligne droite aux Pléiades : cette droite est un cercle horaire. β *Algol* ou la *tête de Méduse* (Γοργόνιον; *Chamil*), au-dessous de l'arc de Persée, est changeante (n° 202) et environnée d'un groupe de petites étoiles.

α de Persée et la dernière η de la queue de la grande Ourse, viennent passer au zénith de Paris à 11ʰ d'intervalle à peu près: ces deux étoiles sont sur le cercle, dont les points sont tous à 41° ½ du pôle (presque le complément de la latitude de Paris).

148. LE COCHER, LE CHARRETIER : *Auriga*, *Arator*, *Heniochus*, *Erichtonius* (Ἱππηλάτης, Ἐλάστιππος Ἀἰρματηλάτης, Διφρηλάτης, Ἡνίοχος; *Mamsek ala'nai*, *Alhaiot*, *Alatod*.) Planisphères I et IV et fig. 40.

Nous venons de dire que l'arc de Persée conduit à la *Chèvre* (*Olenia*, *Aglaé*, *Aega*, Αἴξ; *Ala'nz*, *al Cabelah*, *al Cailat*, *al Silat*). Cette belle étoile α fait partie de la constellation du Cocher, qui forme un grand pentagone irrégulier (fig. 40), dont trois étoiles plus brillantes, sont en triangle isoscèle; le sommet β *Nath* est en bas (c'est la corne supérieure du Taureau), et la base vers le nord porte la Chèvre et le β du Cocher, *Menkalinam*.

On remarque trois étoiles ε ζ η, qu'on nomme les *Chevreaux*, ou les *Boucs*, qui forment un petit triangle isoscèle étroit, placé tout près de la Chèvre, et qui sert à distinguer cette étoile de toutes les autres primaires.

149. La Giraffe : *Camelopardalis*. Planisphère I.

Cette constellation a été formée en 1679, de quelques étoiles peu apparentes, comprises dans l'espace qui sépare les deux Ourses, Cassiopée, Persée et le Cocher.

150. Le Triangle boréal : *Triangulum*, *Triquetrum*, *Nilus*, *Ægyptus* (Δελτωτὸν, Τρίγωνον ; *al mot Hallet*). Planisphère I, III et IV.

Trois étoiles α β γ, en figure de triangle, placées entre le pied d'Andromède et le Bélier.

151. Le Lynx, planisph. I. Peu remarquable; placé entre le Cocher et la grande Ourse (*voy*. p. 269).

152. Le petit Lion, Planisph. I. Au-dessous de la grande Ourse, n'a qu'une étoile tertiaire sur le prolongement méridional de la ligne des gardes, qui, de l'autre côté, se porte sur la Polaire petit Lion, placé au-dessus du Lion, faisait autrefois partie du *Jourdain*, constellation qu'on a supprimée, et qui comprenait en outre les *Levriers* et quelques étoiles éparses.

153. Le Bouvier : *Bootes, Bubulus, Bubulcus, Plaustri custos, Arctophylax, Lycaon, Icarus, Arcas, Clamator, Vociferator, Latrator* (Βοώτης, *Ala'oua*). Planisphère I, II et III.

Arcturus α (Ἀρκτοῦρος, *al Rameh*), l'une des plus brillantes étoiles, est située sur le prolongement des deux dernières ζ η, à la queue de la grande Ourse, ou sur celui de la base inférieure du trapèze du Lion. Le Bouvier présente une espèce de pentagone au nord-est d'Arcturus; β est *Nekkar*, ε *Izard*, η *Muphrid*.

La main supérieure du Bouvier, formée des quartaires θ κ ι, est proche de la queue de l'Ourse. Cette main est représentée tenant en laisse *deux Levriers*, placés au-dessous de cette queue, et dont l'un porte sur son cou le *cœur de Charles*, étoile tertiaire.

184. La Chevelure de Bérénice (*al Hannel*). Planis. I et III.

Groupe de petites étoiles très rapprochées qu'on trouve en allant vers le nord de β, à la pointe du V de la Vierge, au cœur de Charles et à η de la grande Ourse.

185. La Couronne boréale : *Gnossia, Corona Vulcani, Ariadnæ, Thesei, Amphitrites* (Στέφανος Βόρειος, *al Fekah*). Planisphères I, II et III.

Six à sept étoiles à l'orient du Bouvier, forment un demi-cercle très remarquable, dont la concavité regarde la tête du Dragon. La diagonale βδ du carré de la grande Ourse, qui, prolongée, s'étend sur ε et ζ de la queue, se porte plus loin sur la Couronne qui a une belle étoile secondaire α (*Margarita, Gemma, Lucida Coronæ; Monir men al Fekah*).

186. La Flèche : *Sagitta, Telum* (Ὀϊστὸς, *al Soham*). Formée d'étoiles quartaires en ligne droite, entre l'Aigle et β du Cygne. α est *Sham*. Planis. I et III.

187. La Lyre : *Lyra; Cythara Apollinis, Orphei, Mercurii, Vultur cadens* (Λύρα, Χέλυς; *al Seliac, al Molzafzef, al Moracrec*). Planis. I, II et III.

Cette constellation, figurée en aigle dont le vol se porte en bas, est aussi nommée le *Vautour tombant*, tandis que l'Aigle se dirige vers le nord. La Lyre a une belle étoile primaire α (*Wega, Testa, Pupilla, al Ouaké*) qui offre, avec Arcturus et la Polaire, un grand triangle dont la Lyre est le sommet d'un angle droit; elle est opposée à la Chèvre relativement au pôle : quand l'une est au zénith, l'autre est à l'horizon. Un peu au-dessous de Wega sont trois tertiaires βγδ, qui font un triangle isoscèle (*voy.* n° 202, 3°.) β est *Seliak*, γ *Sulaphat*.

188. Le Cygne, la Croix : *Cycnus, Olor, Helenæ genitor, Ales Jovis, Ledæus, Milvus, Gallina, Crux* (Κύκνος, Ἰκτὶν, Ὄρνις; *Lornis*). Planis. I et II.

Cette constellation, à l'orient de la Lyre, forme une grande croix dans la Voie lactée ; elle est opposée aux Gémeaux relativement au pôle, qui est au milieu des deux : une secondaire α

(*Deneb* ou *Arided*) est, en haut, sur la diagonale $\beta\gamma$ de Pégase. β du Cygne se nomme *al Bireo*, γ *Sadr*, ϵ *Gienah*, π *Az-Ifafage*.

159. L'Aigle : *Aquila*, *Vultur volans*, *Gallina* (Ἀετὸς, *Ala'cab*, *al Radaf*). Planisphères I, III et IV.

Au midi du Cygne et de la Lyre, on voit trois étoiles voisines et en ligne oblique, dont celle du milieu est primaire ou secondaire, α *Altaïr*, *Ataïr* : les deux autres $\beta\gamma$ sont tertiaires; β est *Alshain*, γ *Tarazed*. Au nord, la direction de cette ligne va sur la Lyre. On dessine l'Aigle volant vers la région supérieure.

160. Antinoüs : *Ganymèdes*. Les quatre tertiaires $\theta\eta\iota$ et κ forment un quadrilatère au midi de l'Aigle.

161. Le Dauphin : *Delphinus*, *Hermippus* (Δελφὶν, *al Delphin*). Planis. I, III et IV.

Petit lozange de quatre étoiles tertiaires serrées $\alpha\beta\gamma\delta$; α est *Svalocin*, β *Rotanev*; une cinquième ϵ est un peu plus bas. Le Dauphin est précisément au midi de la luisante α du Cygne.

162. Le petit Cheval : *Equuleus*, *Hinnulus*, *pars Equi* (Ἵππος προτομὴ, τοῦ Ἵππου ; *Cata't al Faras*). Pl. I, III et IV.

La ligne de la Lyre au Dauphin se prolonge sur le milieu du petit Cheval, trapèze de 4 étoiles quartaires. α est *Kital Phard*.

163. Le Serpentaire, Ophiucus : *Anguifer*, *Anguitenens*, *Serpentarius*, *Triopas* (Ὀφιοῦχος, *al Haoua*).

Le Serpent : *Anguis*, *Serpens*, *Lernæus* (Ὄφις Ὀφιούχου ; *al Haiat*). Planisphères. III et IV.

Le Serpent est enlacé autour d'Ophiucus; ces deux constellations embrassent un vaste espace. Au-dessous de la Couronne est la tête du Serpent, qui imite une sorte d'Y oblique, dont la queue est brisée et formée de deux tertiaires δ et ϵ, entre lesquelles est le *cœur* α, *Unulkalhay*, qui est secondaire. La queue de l'Y se prolonge en une file d'étoiles tertiaires qui va s'abaissant beaucoup au-dessous de l'équateur, δ et, ϵ *Yed*, très voisines, puis ζ et η; ces quatre dernières appartiennent à Ophiucus. Cette longue série se dirige en bas à la tête du Sagittaire.

La *tête* α d'Ophiucus (*Pastor, caput Serpentarii; al Raï, Ras al haoua, Ras al ague*) est un peu à gauche et plus bas que la tête d'Hercule. Au-dessous, deux tertiaires très voisines β γ (*Canis, Kelb al raï*) forment l'épaule orientale; à l'autre épaule sont deux quartaires très proches κ ι, à droite des têtes d'Hercule et d'Ophiucus : il résulte un trapèze des épaules et de ces deux têtes. A la pointe méridionale, on trouve un groupe serré de petites étoiles : c'est le *Taureau royal.* Au-dessous de ce trapèze, on remarque, dans les replis du Serpent, un quadrilatère d'étoiles quartaires ν μ ν ξ. Enfin la queue θ *Alya* du Serpent est entre les deux trapèzes d'Ophiucus et d'Antinoüs, proche de l'Aigle.

164. Hercule : *Hercules, Engonasis, Ingeniculus, Nessus, Thamyris, Desanes, Maceris, Almannus* (Ὀκλάζων Ἐν γόνασις, Κορυνήτης ; *al Cheti*). Planis. I et III.

La ligne qui va de la Lyre à α de la Couronne, traverse un quadrilatère η π ε ζ d'étoiles tertiaires ; la diagonale η ε se dirige au midi sur une tertiaire δ, puis à la *tête* α d'Hercule (*Ras al Rakess, Ras al geti*); 6 est *Korneforos. Le Rameau* et *Cerbère*, est un petit groupe peu visible, qu'on rencontre en allant de l'épaule β d'Ophiucus à la Lyre. Hercule est peint couvert de la peau d'un lion, et dans l'attitude d'un homme *agenouillé*, les pieds vers le pôle, la tête en bas, voisine de celle du Serpentaire.

Nous ne dirons rien de quelques constellations peu apparentes et que leur place sur la carte suffit pour faire reconnaître : telles sont le *Renard* et l'*Oie*, entre la Flèche et le Cygne; l'*Écu de Sobieski*, à l'occident de λ d'Antinoüs; le *Lézard*, à l'orient du Cygne; enfin le *Renne* et le *Messier*, vers le pôle.

Des Constellations zodiacales, Ζῴδιον. Pl III et IV.

165. Le Bélier ♈ : *Aries, Laniger* (Κρίος; *al Hamal*). Planisphères III.

La tête du Bélier est formée de deux étoiles tertiaires très voisines α *Hamal*, β *Sheratan*, dans une direction qui va au

ord-est sur le Cocher; β est la plus occidentale. Un peu au-dessous de β, est une quartaire, γ *Mesarthim.*

Cette constellation est au-dessous d'Andromède; entre les deux, on voit la *Mouche,* qui forme un petit triangle sur le prolongement de la ligne α β. Le Bélier est situé sur la ligne des Pléiades à γ Algénib.

166. Le Taureau ♉ : *Taurus* (Ταῦρος, *al Thor*).

Les Pléiades, la Poussinière : *Pleiades, Taygetes, Vergiliæ* (Πλειάδες, *al Thoraia*).

Les Hyades : *Hyades, Suculæ* (Ὑάδες, *al Calaiess*).

La ligne du baudrier d'Orion se dirige au nord-ouest sur un groupe de 6 étoiles très serrées, dont une η tertiaire : ce sont les Pléiades, sur le dos du Taureau. Une étoile primaire α, un peu rougeâtre, est l'*œil du Taureau* ou *Aldébaran* (ὄμμα βοὸς, λαμπρὸς τῶν Ὑάδων, Λαμπάδιας); elle termine la branche inférieure d'un V oblique (fig. 39) formé de 5 étoiles très visibles; qui sont les Hyades, au front du Taureau. Ce V peut se prolonger en bas jusqu'à une quartaire λ, qui lui donne la forme d'un Y. Aldébaran est sur la ligne qui, du pôle, va passer entre la Chèvre et Persée, sans rencontrer aucune étoile remarquable. Plus haut l'étoile secondaire β *Nath,* à la pointe inférieure du pentagone du Cocher (fig. 40) est la corne boréale, du Taureau.

167. Les Gémeaux ♊ : *Gemini* (Δίδυμοι, *al Giouza*).

Une ligne de 4 étoiles, dont une γ est secondaire (*Alhéna, Propus*), est à l'est du Taureau : ce sont les pieds des Gémeaux : leurs têtes sont deux belles étoiles, *Castor* α au nord et à droite, *Pollux* β. Castor et Aldébaran sont à la base d'un triangle isoscèle dont la Chèvre est le sommet. La constellation des Gémeaux forme une sorte de parallélogramme oblique. δ est *Wasat,* ε *Mebsuta,* η μ *Tejat.*

168. L'Écrevisse, le Cancer ♋ : *Cancer, Cammarus, Astacus* (Καρκίνος Ἀσταχος; *al Saratan*).

Sur le milieu de la ligne droite qui va de α de l'Hydre aux

têtes des Gémeaux, sont deux quartaires voisines, α *Sertan*, puis un groupe d'étoiles très petites qu'on nomme l'*Étable* ou la *Nébuleuse* (*Præsepe*); entre deux quartaires $\delta\gamma$, qui sont les Anes. Cette constellation est la moins apparente du zodiaque.

169. Le Lion ♌ : *Leo* (Λέων, *al Asad*).

Le Lion est un grand trapèze de quatre belles étoiles $\alpha\beta\gamma\delta$ au-dessous de la grande Ourse; la ligne des gardes qui donne la Polaire, prolongée en sens opposé, traverse ce trapèze. La base inférieure a deux étoiles primaires, le *Cœur* α ou *Régulus* (Βασιλίσκος, Καρδία Λέοντος; *al Gebhat*), et la *queue* β (Οὐρὰ Λέοντος; *Denebola, al Sorfat, al Sarcat*). Le côté $\gamma\alpha$ sert de base à un triangle $\epsilon\alpha\gamma$, au-dessus duquel est un autre trapèze plus petit que le premier $\mu\zeta\gamma\epsilon$; γ est *al Gieba*, δ *Zosma*; $\epsilon\mu$ *Ras al Asad*.

170. La Vierge ♍ : *Virgo* (Παρθένος; *al A'dzra, al Sonbelat*).

Sur le prolongement de la grande diagonale $\alpha\gamma$ du carré de l'Ourse, est, vers le midi, une étoile primaire α : c'est l'*Épi de la Vierge* (Στάχυς; *al A'zal, al Aghzal;* en hébreu, *Shiboleth*); elle fait un triangle équilatéral avec Arcturus et la queue β du Lion. La droite qui va de cette dernière à l'Épi, rencontre un V ouvert à angle droit, formé de 5 étoiles tertiaires $\epsilon\delta\gamma\eta$ et β. Le côté inférieur suit l'écliptique et se dirige à Régulus; l'autre va à la dernière η de la queue de l'Ourse : ϵ se nomme la *Vendangeuse*, Προτρυγητὴρ; β est *Zavijava*.

171. La Balance ♎ : *Libra*, *Jugum*, *Mochos*, *Chelæ* (Χηλὴ, Λίτρα, Στατὴρ, Σταθμὸς, Ζυγὸς; *al Mizan*).

À l'est de l'Épi on voit deux secondaires α (*Zoubenesh*), β (*Zoubenelg*), les *Plateaux* (*Kiffa, al Zoubania*), dont la direction $\alpha\beta$ tend à la Lyre.

172. Le Scorpion ♏ : *Scorpius, Nepa* (Σκορπίος, *al A'crab*)

La ligne de Régulus à l'Épi, va sur le bassin austral α et donne, plus bas encore, sur α *Antarès* ou le *cœur du Scorpion* (Καρδία Σκορπίου, Ἀντάρης; *Calb al A'crab*). La Lyre, Arcturus et

Antarès forment un grand triangle isoscèle dont Arcturus est le sommet. Antarès est le centre d'un arc convexe vers la Balance, formé de 4 ou 5 étoiles, dont l'une β, ou *le front*; α *Krab* est secondaire; la queue est composée d'une file d'étoiles tertiaires et quartaires courbées en crosse vers l'horizon. Le bas n'est point visible à Paris. δ *Iclarkrau*, λ *Shaula*, υ *Lesath*.

173. Le Sagittaire ♐ : *Arcitenens, Sagittarius, Arcus, Pharetra, Eques, Croton* (Τοξότης, Τοξευτὴρ, Βελοκράτορ; *al Rami, al Cous*). Pl.

Un peu à l'orient d'Antarès, en suivant toujours la direction de l'écliptique, est le Sagittaire, formant un trapèze oblique ζτσφ; à droite est une file d'étoiles βεδλ en ligne courbe (*Kaus*), imitant un arc, convexe vers le Scorpion : la flèche est σδγ; γ est *Nushaba*. On trouve la tête, un peu plus haut, à gauche; elle forme un petit quadrilatère ξηπο. Cette constellation se voit à Paris proche de l'horizon.

174. Le Capricorne ♑ : *Caper, Capricornus* (Αἰγόκερως; *al Gedi*).

La ligne qui va de la Lyre à l'Aigle se prolonge sur deux étoiles très voisines et tertiaires αβ, la tête du Capricorne. La plus élevée α est double, *Giedi*; β est *Dabih*, γ et δ sont *Nashira*.

175. Le Verseau ♒ : *Amphora, Aquarius* (Ὑδροχόος; *al Delou, Sakil almâ*).

Le prolongement de la ligne qui va de la Lyre au Dauphin, se porte sur le Verseau, et plus loin sur Fomalhaut. On voit un triangle très aplati, formé par trois étoiles tertiaires α *Sadalmelik*, β *Sadalsund*, γ *Sadachbia*. La base, perpendiculaire à notre alignement, se prolonge en une file d'étoiles μεα sur le Capricorne, et vers la gauche se porte sur l'Urne ζη. De là part une ligne sinueuse de très petites étoiles, laquelle se termine à Fomalhaut vers l'horizon : c'est l'eau du Verseau. δ est *Shat*, θ *Ancha*.

176. Les Poissons ♓ : *Pisces* (Ἰχθύες; *al Hout*).

La ligne du pied γ d'Andromède à la tête α du Bélier se prolonge sur une tertiaire α : c'est le *nœud*, *Okda*, où se joignent les cordons qui attachent les Poissons; le boréal placé sous Andromède, l'occidental sous le carré de Pégase. Cette constellation, peu apparente, est composée de deux files d'étoiles très fines, qui partent de α et vont en divergeant, l'une vers α d'Andromède, l'autre à α du Verseau.

Constellations australes. Planis. III et IV.

177. La Baleine : *Cetus*, *Draco*, *Leo* (Κῆτος; *Kithos*, *al Kett*).

Au-dessous du Bélier, on rencontre une secondaire α, *Menkab*, qui forme un triangle équilatéral avec le Bélier et les Pléiades: c'est la mâchoire de la Baleine; αμξ et γ forment un parallélogramme. Cette base αγ se prolonge sur la tertiaire δ et sur la changeante ο, *Mira* (n° 202); et continuant toujours cette direction au sud-ouest (qui est selon l'axe du V des Hyades), on trouve un grand quadrilatère formé de quatre tertiaires ζτηθ; puis la queue β *Diphda*, qui est une secondaire; et enfin, beaucoup plus bas, on va presque sur Fomalhaut. Un autre quadrilatère περς, beaucoup plus petit, est à gauche du second, et touche à l'Éridan. On croit trouver dans la Baleine la figure d'une lampe antique dont α est le bec et β l'anse.

178. Le Poisson austral : *Piscis notius vel. australis* (Ἰχθὺς Νότιος; *al Hout*, *al Genoubi*).

Vers l'horizon, sous le Verseau, est *Fomalhaut*, ou *la Bouche* (Στόμα ἰχθύος μέσου; *Fomalhout*), belle étoile primaire. Cette constellation s'élève très peu sur l'horizon de Paris.

179. Orion : *Hyriades*, *Candaon* (Ὠρίων, *al Gebbar*).

Cette constellation est la plus belle de toutes, par son étendue et le nombre d'étoiles brillantes qui la composent. Un grand quadrilatère αγβκ, a ses diagonales formées de deux secon-

daires $\kappa\gamma$, et de deux primaires $\alpha\beta$: à l'angle nord-est est α ou l'*épaule droite* (*Betelgueze, Adaher*); à l'angle sud-ouest, β ou le *pied gauche*, ou *Rigel* (Ποῦς Ὠρίωνος, *al Giouza*), γ *Bellatrix*, δ *Mintaka*. Au milieu du quadrilatère sont trois secondaires serrées, disposées en ligne oblique $\delta\epsilon\zeta$; c'est le *Baudrier*, la *Ceinture*, les *trois Rois*, le *Râteau*, le *bâton de Jacob*(*Balthœus, Cingulus*; Ζώνη), ϵ est *Anilam*, ι *Thabit*, κ *Saiph*, ζ *Alnitak*. Cette ligne va au nord-ouest à Aldébaran, et au sud-est à Sirius. Au-dessous est une traînée lumineuse de trois étoiles très rapprochées : c'est l'*Épée*. Entre l'épaule occidentale γ et Aldébaran, est le *Bouclier*, composé d'une file de petites étoiles en ligne courbe.

Orion est placé au-dessous du Cocher, sur le prolongement de la diagonale $\delta\beta$ de la grande Ourse qui rencontre les Gémeaux; elle est entre cette dernière constellation et le Taureau, mais un peu plus bas. Nous la voyons briller dans les belles nuits d'hiver, et elle se trouve dans une région du ciel qui est peuplée d'une multitude d'étoiles brillantes. Vers neuf à dix heures du soir, en février et mars, on peut découvrir à la fois jusqu'à douze primaires, savoir : Sirius, Procyon, la Chèvre, Aldébaran, Arcturus, l'Épi, le cœur de l'Hydre, Orion, les Gémeaux et le Lion, sans compter un grand nombre de secondaires.

180. Le grand Chien : *Canis major, Æstifer* (Κύων Σείριος; *al Kelb, al Akbar*).

En prolongeant vers la gauche la base $\beta\kappa$ du quadrilatère d'Orion, ou le *Baudrier* $\delta\zeta$, on trouve la plus belle étoile du ciel, α *Sirius* (Κύνιαςρον, Σῶθις, Ἀςρόκυνος; *al Imaniat, Oua la'bour, Elcheer*); elle est l'angle supérieur oriental d'un grand quadrilatère $\alpha\beta\zeta\epsilon$, dont la base, voisine de l'horizon à Paris, est adjacente à un triangle $\epsilon\delta\eta$. Toutes ces 5 étoiles sont secondaires : β est *Mirzam*, γ *Muliphen*, δ *Wesen*, ϵ *Adhara*, η *Aludra*.

181. Le petit Chien : *Canis minor, Catellus* (Μέρω, *al Kelb al Asgbar*).

Procyon α (Προκύων; *al Chamiat, al Ghamissat*) est au-dessous

des Gémeaux, et à l'est de l'angle supérieur α du quadrilatère d'Orion. Près de Procyon, on trouve une tertiaire, β *Gomeiza*.

182. L'Éridan : *Eridanus, Pœdus, Nilus, Melo, Mulda; Oceanus, Amnis* (Ποταμὸς, Ἠρίδανος; *al Nahr*).

Une file d'étoiles tertiaires et quartaires va en serpentant de l'angle occidental inférieur d'Orion, en descendant sous l'horizon, où elle se perd : β est *Cursa*, γ *Zaurak*, δ *Rana*, ζ *Zibal*, η *Azha*, ο *Beid*, υ *Theemin*. Après plusieurs très grandes sinuosités invisibles pour nous, elle se termine à une belle étoile primaire, à 32° du pôle austral, α *Acharnar* (Ἔσχατος Ποταμοῦ, αἶζ; *Aich*).

183. Le Lièvre : *Lepus, Levipes* (Λαγωὸς; *al Arnab*).

Quatre étoiles tertiaires αβγδ forment un quadrilatère au-dessous de celui d'Orion : α est *Arneb*, β *Nihal*. Plus bas encore on voit la Colombe (α *Phact*), entre le Lièvre et Canopus.

184. L'Hydre : *Hydra, Echidna, Serpens aquaticus* (Ὕδρος; *al Chegiâ*).

L'Hydre est une longue constellation qui occupe le quart de l'horizon, sous le Cancer, le Lion et la Vierge. A la gauche de Procyon est la tête, formée de quatre étoiles quartaires ηδεζ; au-dessous du Cancer et sur le prolongement de la droite menée par α d'Orion et Procyon. Le côté occidental γα du grand trapèze du Lion va plus bas sur le cœur α (Ὕδρου λοχὴν; *Alphar, al Frad*), qui est primaire ou secondaire. La ligne des têtes des Gémeaux se dirige aussi sur α. Une file de dix étoiles λμναβξββγπ forme les replis de l'Hydre, qui porte sur son dos le Corbeau et la Coupe (*v.* Planis. III).

185. Le Corbeau : *Corvus* (Κόραξ; *al Gorab*).

Grand trapèze de quatre étoiles tertiaires αβγδ au midi de la Vierge et sur l'alignement de la Lyre à l'Épi. En prolongeant la base supérieure de ce trapèze, on arrive à l'Épi; α est *al Chiba*, δ *al Gorab*.

186. La Coupe : *Crater, Scyphus, Urna, Patera, Calyx* (Κρατὴς Ὑδρία; *al Bathial*).

Au-dessous de δ du Lion (l'angle supérieur à gauche du grand trapèze), on voit une file de petites étoiles qui se rendent à la Coupe, constellation formée de six quartaires en demi-cercle.

187. Le Navire, le Vaisseau : *Argo navis, Carina argoa* (Ναῦς; *al Safinal*).

Cette constellation est à l'orient du grand Chien. Trois tertiaires *k* ξ ι sont à côté du triangle de cette dernière; plus loin, à gauche, on en voit 2 ou 3 autres qui forment la mâture. L'horizon nous cache le reste, et particulièrement la plus belle des étoiles après Sirius, α *Canopus* (Κάνωβος; *Késil, al Sohil*); ζ est *Naos*, ρ *Tureis*, ξ *Asmidiske*.

188. La Licorne est entre le petit Chien et Orion; elle a quelques étoiles quartaires qui imitent un V très oblique dont la branche supérieure continue la ligne droite des pieds des Gémeaux. Planisphère III.

189. Le Centaure : *Centaurus, Semivir, Pelenor, Minautorus, Chiron* (Κένταυρος; *Kenthouros, al Beze*).

Cette constellation est au-dessous de l'Épi de la Vierge, et s'élève peu sur notre horizon : on y remarque une secondaire θ, et vers la droite une tertiaire ι; un peu au-dessus est la tête, formée de quatre petites étoiles. Le reste de la constellation n'est jamais visible à Paris, et contient plusieurs belles étoiles, entre autres deux primaires α et β. Entre les jambes du Centaure est la *Croix du sud*, formée de quatre secondaires toujours cachées pour nous.

190. Le Loup : *Lupa, Lupus martius, Lycisca, Fera, Leopardus, Pantera* (Θηρίον; *al Dib, al Sabà*).

Vers le sud-ouest d'Antarès on voit plusieurs petites étoiles qui appartiennent au Loup : on représente cet animal percé d'une pique que tient le Centaure.

191. Le Solitaire. Au-dessous du bassin austral de la Ba-

lance est une tertiaire γ, qu'on a séparée du Scorpion : c'est la plus remarquable des étoiles de cette petite constellation.

192. Le Télescope. Sous la flèche du Sagittaire, à gauche de la queue du Scorpion, dans les brumes de notre horizon, sont deux quartaires $\beta\,\gamma$, qui forment le télescope.

193. L'Autel : *Ara, Altare, Thymele, Turibulum* (θυμιατήριον), a trois étoiles tertiaires sous la queue du Scorpion. Ces dernières constellations sont peu ou point visibles à Paris.

194. La Couronne australe : *Corona, Caduceus* (Στέφανος Νότιος; *al Aklil*), couronne de très petites étoiles au-dessous du Sagittaire.

195. La Grue est au-dessous du Poisson austral ; elle a deux secondaires α et β, et une tertiaire γ.

196. Le Phénix est un quadrilatère d'étoiles tertiaires au-dessus d'Acharnar.

197. Le Paon a une secondaire α au-dessous du Sagittaire, et plus bas encore, sur la même ligne, trois tertiaires $\gamma\,\beta\,\delta$.

198. Il nous resterait à parler du Triangle austral, du Poisson volant, de la Dorade, de l'Indien, de la Mouche australe, de l'Hydre mâle, du Caméléon, etc. ; mais ces constellations, voisines du pôle austral, n'étant jamais visibles à Paris, nous ne nous y arrêterons pas. Nous avons cru devoir, pour ne pas multiplier les frais sans utilité, ne point donner de carte pour représenter ces constallations. La polaire du pôle austral est une étoile sextaire nommée σ de l'Octant : son ascension droite était $16^h\,8'\,54''$ et sa distance au pôle $36'\,40''$, au commencement de 1823.

199. Nous nous sommes contentés d'indiquer les alignements les plus remarquables ; mais en jetant les yeux sur les planisphères, il est facile d'en trouver beaucoup d'autres. Lorsqu'on voudra reconnaître dans le ciel quelque étoile dont le nom ne sera pas présent à la mémoire, il suffira d'en chercher deux

qui soient connues et qui s'alignent avec la première, puis de comparer les distances ; recourant ensuite aux cartes, on devra être conduit sur l'étoile inconnue, en y exécutant des yeux les mêmes alignements. Il faudra, autant que possible, préférer la Polaire dans ces opérations, parce que l'arc qui la joint à l'étoile dont il s'agit est un méridien, et que la direction, représentée par des verticales sur nos planisphères, n'exige pour y former l'alignement, que de remarquer, parmi les étoiles séparées par ce méridien céleste, celles qui en sont les plus voisines des deux côtés. Si l'on ne trouve pas l'étoile sur la carte dans la direction dont il s'agit, il faut la chercher parmi les planètes (n° 231).

Quelques particularités sur les étoiles.

200. La voie lactée : *orbis lacteus*, Γαλαξία, *al magirat ;* c'est une bande irrégulière et blanchâtre qu'on aperçoit au firmament dans les nuits sereines, et qui traverse le ciel en coupant l'écliptique vers les deux solstices. De la queue du Scorpion, cette bande se partage en deux branches : l'une montant au nord-est, se dirige à l'arc du Sagittaire, à l'Aigle et à la Flèche ; l'autre va au nord, en passant sur le pied et l'épaule orientale d'Ophiucus, et retrouve à la queue du Cygne la première bande dont elle s'est peu écartée. La voie lactée passe ensuite sur la couronne de Céphée, sur Cassiopée, Persée, les deux côtés inférieurs du pentagone du Cocher, les pieds des Gémeaux, la Licorne, le Vaisseau, la Croix du sud, α et β du Centaure, et revient enfin à la queue du Scorpion. Pour éviter la confusion, nous n'avons pas tracé la voie lactée sur les planisphères, cette description nous ayant paru suffire.

La lueur blanchâtre et laiteuse de la voie lactée est produite par une multitude infinie d'étoiles qui sont tellement petites qu'il faut de très forts télescopes pour les apercevoir. Elle en contient au moins huit millions (*v.* n° 132).

201. Les *nébuleuses* sont de très petits nuages blanchâtres

qu'on voit épars dans le ciel (n° 132). On en remarque jusqu'à 36 dans la nébuleuse du Cancer (*Præsepe*, entre γ et δ, n° 168). W. Herschell a compté près de 2000 nébuleuses. Les principales sont celles d'Orion, au-dessous du Baudrier et sur l'Épée même; celle qui est proche de β de la Lyre; celles qu'on voit près de ν à la ceinture d'Andromède, près de γ et près de β de la grande Ourse: il y en a 10 entre Antinoüs et le pied d'Ophiucus, 8 dans le Sagittaire, etc. On voit dans la Croix du sud et dans le Chêne de Charles II, une tache noire prononcée dont on ignore entièrement la nature.

Il est vraisemblable que les nébuleuses sont, pour la plupart, des groupes d'étoiles placés à un immense éloignement de nous, et dont il suffirait de s'approcher pour qu'ils présentassent des apparences semblables à celles de la voie lactée. Les corps qui les composent sont sans doute très distants les uns des autres dans les profondeurs des espaces célestes, et notre système, vu de ces astres, n'est lui-même qu'une partie de nébuleuse formée des étoiles voisines de notre Soleil.

Il y a des nébuleuses qu'on ne peut supposer formées de groupes de très petites étoiles, comme les précédentes. Les unes, nommées *stellaires*, sont arrondies, et ont une densité décroissante vers le contour; on les prendrait pour de petites comètes; mais elles ne changent pas de place dans le ciel. La nébuleuse près de ν d'Andromède, est un long ovale, et son éclat va en s'affaiblissant du centre aux bords; les autres sont appelées *planétaires*; elles ont une figure ronde ou ovale, avec une lumière assez égale: telle est celle qu'on voit près de ν du Verseau. La dimension de ces astres doit être immense, et l'on admet volontiers qu'ils sont composés d'une vapeur rare et lumineuse. L'opinion de W. Herschell et de Laplace sur la formation des corps célestes (n° 242) est fortifiée par ces singulières apparences.

202. *Etoiles multiples.* Nous avons déjà parlé de ces astres (n° 135), et nous pouvons maintenant ajouter de nouveaux détails à ce sujet. De ce nombre sont la polaire, Castor, α Cassiopée,

α et γ Hercule, β Céphée, ζ grande Ourse, γ Bélier, β Lyre, γ Andromède, α Capricorne, κ Balance, α Cancer, δ Taureau, γ Sagittaire, Ataïr, etc. On a déjà reconnu l'existence de plus de 3000 de ces astres, et le nombre s'en accroît tous les jours, avec les perfectionnements qu'on donne aux instruments d'optique. Sir J. Herschell pense que la *lumière zodiacale* est la partie la plus dense du milieu éthéré que nous traversons, et qui oppose une résistance très faible, mais constante, à notre mouvement et à celui des planètes et des comètes : il croit que c'est ce milieu qui fournit aussi aux comètes la matière de leurs queues immenses, et que ces queues doivent se détacher dans les passages au périhélie, et revenir lentement se rattacher au Soleil.

Quant aux étoiles qu'on désigne sous le nom de *binaires*, qui exécutent des révolutions l'une autour de l'autre, dans des orbites régulières, on en compte 30 à 40, et les observations en font connaître chaque jour de nouvelles. Il faut, pour les bien distinguer, des oculaires à forts grossissements, afin de laisser apercevoir un intervalle entre les corps qui les composent. M. Savary a trouvé que les mouvements de l'une de celles de ξ grande Ourse, s'expliquaient dans la supposition d'une orbite elliptique décrite en 58 ans et un quart par l'une de ces étoiles autour de l'autre. Encke, pour la 70ᵉ d'Ophiucus, trouve une période de 74 ans. La plus remarquable des étoiles binaires est γ de la Vierge, à cause de la longueur de sa période, et parce que la distance qui sépare les deux étoiles n'a cessé de décroître depuis qu'on l'a observée. Si la grande longueur de quelques-unes de ces périodes est remarquable, la brièveté de quelques autres l'est encore davantage, puisque ces corps doivent jouir d'une prodigieuse vitesse pour parcourir de si grandes distances en si peu de temps : η de la Couronne a fait une révolution complète depuis que M. W. Herschell l'a découverte, et est déjà avancée dans sa seconde période. ξ grande Ourse, ζ Cancer ont presque accompli leur orbite. Les révolutions de ces étoiles l'une autour de l'autre sont maintenant aussi certaines que celles d'Uranus et de Saturne autour du Soleil,

et l'on y trouve la preuve de l'existence universelle de la loi d'attraction de la matière.

Le tableau suivant indique quelles sont les principales étoiles binaires, avec la durée de leurs révolutions, l'arc d'élongation et l'excentricité de leurs orbites. On remarquera à cet égard que dans notre système planétaire, les plus grandes valeurs du rapport de l'excentricité au demi-grand axe, sont pour Mercure 0,21, pour Pallas 0,24, pour Junon 0,25 : ce rapport est moindre que 0,10 pour toutes les autres planètes. Ces rapports sont beaucoup plus considérables pour ces étoiles binaires, leurs orbites sont beaucoup plus allongées, et ne s'approchent pas de la figure circulaire.

Du reste les masses de ces astres ne sont pas, comme celles de nos planètes, fort petites relativement au corps central ; et l'on reconnaît évidemment que la plus petite des deux étoiles est presque égale en masse à la plus grande, ou du moins en est une très forte partie.

ÉTOILES.	DURÉE des RÉVOLUTIONS.	ÉLONGATIONS.	EXCENTRICITÉS.
γ Lion.........	1200 ans.	»	»
γ Vierge.......	628,9	12"09	0,83
61 Cygne.......	452	15,43	»
ε Couronne. . .	286,6	3,68	0,61
Castor.	252,66	8,09	0,76
ξ Bouvier.. ...	117,14	12,56	»
70 Ophiucus....	81,34	4,39	0,47
ξ Grande Ourse.	58,26	3,86	0,42
ζ Cancer.......	55?	»	»
» Couronne	43,40	»	»

Parmi les étoiles multiples, on distingue ζ d'Orion qu'on regardait comme formée de deux séries d'étoiles triples ; elle paraît composée de deux séries quadruples, entre lesquelles se trouvent deux étoiles très brillantes qui avaient échappé jusqu'ici à toutes les recherches, et que sir J. Herschell a bien

observées avec le nouveau télescope réfracteur-fluide de M. Barlow ; ε de Persée, qu'on croyait binaire, est une collection de six étoiles distinctes.

Étoiles colorées et changeantes. Les étoiles multiples sont souvent colorées de nuances opposées ou complémentaires. En général, la lumière des étoiles est plus vive et plus scintillante que celle des planètes ; elle a une légère teinte bleuâtre. Cependant on en remarque quelques-unes qui ont une coloration particulière dont on ignore absolument la cause. Il y a plusieurs étoiles qui ont une couleur rouge, telles qu'Aldébaran, Antarès.... ; d'autres dont l'éclat est variable et qu'on a nommées *changeantes*. Nous indiquerons les principales, pour que nos cartes n'induisent pas en erreur.

1°. L'étoile ο de la Baleine paraît d'abord secondaire et plus brillante que α et β ; cet éclat dure 15 jours et diminue ensuite jusqu'à ce que l'étoile ne soit plus que de la 10e grandeur. Ses retours au plus grand éclat se font après 335 jours.

2°. *Algol*, ou la tête β de Méduse, passe de la 2e à la 4e grandeur dans une période de $2^j 20^h 49'$.

3°. *Le cou du Cygne* est une changeante χ qui ne devient jamais plus que quartaire. Sa période est de $47^j 12^h$.

Nous citerons encore γ de Céphée qui devient au plus tertiaire dans une période de $5^j 9^h$; η d'Antinoüs qui devient quartaire tous les $7^j 4^h$; β de la Lyre qui devient tertiaire tous les $6^j 10^h,6$; α d'Hercule passe de la 3e à la 4e grandeur tous les $60^j \frac{1}{2}$; γ Hydre devient invisible tous les 494^j... (*V.* Bulletin de Férussac, mars 1827, p. 170).

La cause de ces variations est attribuée à trois circonstances ; il est difficile de choisir entre ces opinions. Les uns supposent que ces étoiles ont des planètes invisibles pour nous, à raison de la distance, qui, dans leurs révolutions, s'interposent et produisent une éclipse ; les autres veulent que ces étoiles aient un mouvement de rotation, et que la surface ait des parties obscures qui s'offrent à nous ; ou bien que la forme de l'astre soit lenticulaire, et que la surface qui nous est offerte, variant d'étendue, cause le changement d'éclat.

203. Outre ces étoiles, on en remarque dont la lumière croît sensiblement avec la durée des siècles, telles que β à la queue de la Baleine; d'autres, au contraire, ont brillé d'un éclat extraordinaire, et ont bientôt disparu. Du temps d'Hipparque, en — 125, il y en eut une qui fut très brillante et qui disparut ensuite. C'est même cette apparition extraordinaire qui détermina cet astronome à composer un catalogue d'étoiles. En 389, une étoile parut tout-à-coup près de l'Aigle, et fut pendant trois semaines aussi belle que Vénus. Une, dans le Scorpion, brilla pendant quatre mois d'une lumière égale au quart de celle de la Lune. Albnmasar en vit une autre dans le Scorpion, durant quatre mois, dont l'éclat était le quart de celui de la Lune. En 945, sous l'empereur Othon, on vit, entre Céphée et Cassiopée, une nouvelle étoile; et en 1264, il y en eut une autre à peu près au même lieu : on ne leur reconnut aucun déplacement. En 1604, on vit, pendant un an, une étoile primaire près de θ au pied d'Ophiucus. Képler publia un ouvrage sur cette singulière apparition. Tycho publia son livre *De Nova stella*, sur les phénomènes qu'offrit une étoile de Cassiopée qui, en 1572, prit tout à coup une lumière plus vive que celle de Jupiter, et qui, après avoir passé du blanc au jaunâtre, au jaune rougeâtre, et enfin au blanc plombé, s'est éteinte 16 mois après son apparition, sans avoir changé de place dans le ciel. Sa lumière avait la vivacité des étoiles fixes. Ces astres disparurent pour toujours sans avoir changé de place relativement aux étoiles. La cause de ce singulier phénomène est inconnue; il paraît pourtant qu'on peut l'attribuer à un vaste incendie : ce soupçon est fortifié par le changement de couleur, analogue à celui que nous offrent sur la Terre les corps que nous voyons s'enflammer et s'éteindre. Riccioli a donné un catalogue des étoiles nouvelles.

204. L'Écliptique et l'Équateur sont deux cercles de la sphère céleste dont il importe de reconnaître la position à tous les instants.

En consultant les cartes, on voit que l'équateur passe par les

étoiles η, γ et ζ de la Vierge, entre le cœur du Serpent et δ, ϵ d'Ophiucus, par la plus boréale η du trapèze d'Autinoüs, un peu au-dessus de la tête α du Verseau, au-dessous de nœud α des Poissons, entre δ et γ de la Baleine, par la plus septentrionale δ du baudrier d'Orion, entre Procyon et le cœur de l'Hydre; enfin par le nœud ι de l'Hydre, après avoir passé au-dessous de sa tête.

Un plan oblique à l'horizon, incliné à Paris de 41°10′, perpendiculaire au méridien et à l'axe de la Terre, donne dans le ciel la trace de l'équateur. Le Soleil l'éclaire en-dessus depuis l'équinoxe du printemps jusqu'à celui d'automne, en-dessous le reste de l'année. Le jour de l'équinoxe l'astre décrit ce plan même, et en éclaire la tranche.

La trace de l'écliptique dans le ciel est aussi aisée à trouver. Ce cercle de la sphère céleste, que décrit la Terre et que le Soleil nous semble parcourir annuellement (n° 23) traverse la série des constellations zodiacales; il passe entre $\alpha\,\beta\gamma$ du Bélier et la mâchoire α de la Baleine, entre les Pléiades et Aldébaran, un peu au-dessus des Hyades; il sépare les deux cornes β et ζ du Taureau, va au pied boréal μ et à δ des Gémeaux, puis à Régulus; de là, traverse la Vierge un peu au-dessus de l'Épi, va au bassin austral α, au front β du Scorpion, à la tête π du Sagittaire, enfin à la queue $\delta\gamma$ du Capricorne et à λ du Verseau. (*Voy.* les planisphères.)

205. Les nœuds de l'équateur, ou ses intersections avec l'écliptique, sont les équinoxes, dont la situation change lentement par l'effet de la précession. Actuellement l'un de ces nœuds ♎ est près de η de la Vierge; l'autre ♈ est au milieu de la ligne qui joint la queue ι de la Baleine à Algénib, γ de Pégase. C'est à partir du passage de ce dernier point ♈ au méridien qu'on commence à compter les heures sidérales (p. 84). Les nœuds de l'orbite lunaire varient en rétrogradant sur l'écliptique; ils sont importants à connaître, puisque les éclipses ne peuvent avoir lieu que lorsque la Lune est dans leur voisinage et en même temps en conjonction ou en opposition avec le Soleil (n°s 66, 68).

Le pôle de l'écliptique est un point du ciel à 90° de distance de toutes les parties de ce cercle : tous les cercles de latitude viennent se croiser en ce point. Les planisphères III et IV donnent deux alignements pour servir à trouver ce pôle, qui est environné par les replis du corps du Dragon, et fait un triangle équilatéral avec la Lyre et la queue α du Cygne. Ce pôle, comme tous les points du ciel, décrit un cercle diurne autour du pôle de l'équateur.

De la Méridienne, de l'Azimut, et de la hauteur du Soleil.

206. La section d'une surface quelconque par le méridien est ce qu'on nomme *une méridienne.* Quand cette ligne est tracée sur l'horizon, et qu'*en suspendant un fil-à-plomb, l'ombre projetée par le Soleil ne croisera plus la méridienne et la couvrira, on sera certain que l'astre est au méridien ou qu'il est midi vrai.* C'est le plus commode des méridiens pour avoir l'heure, puisqu'on n'a besoin d'aucun appareil. Voici divers moyens de tracer une méridienne horizontale.

I. *Par les hauteurs solaires correspondantes.* Concevons que, sur une table ou un terrain bien horizontal, on ait tracé une demi-circonférence AMB (fig. 41) au centre C de laquelle on ait placé un *Gnomon* ou axe vertical CI. Si l'on observe avant midi l'instant où le Soleil projette en B, sur cette circirconférence, l'ombre de l'extrémité I, et qu'on marque ce point B; qu'en outre on suive l'après-midi le progrès de l'ombre, jusqu'à ce qu'elle se termine en A au même cercle, le rayon CM, qui passe par le milieu de l'arc AB ainsi déterminé, est une méridienne horizontale, et chaque jour, à midi, l'ombre du gnomon CI se projettera sur CM. Cette construction résulte de ce que la hauteur du Soleil est la même pour deux distances égales de part et d'autre du méridien. Par exemple, à 9^h du matin et à 3^h du soir, les ombres CA, CB ont les mêmes

longueurs, et leurs directions s'écartent également du méridien. A midi, l'ombre est la plus courte de la journée (*).

On a coutume de tracer plusieurs cercles concentriques *ab*, *a'b'*...., et de réitérer l'opération pour chacun ; car le but serait manqué si le Soleil était caché par un nuage à l'heure correspondante du soir, et l'on se ménage ainsi plus de chances de succès, et même une vérification, puisque les méridiennes obtenues doivent différer très peu les unes des autres : d'ailleurs on peut encore tracer la courbe hyperbolique B*bb'*...*a'a*A, que décrit l'extrémité de l'ombre du matin au soir, en marquant de temps à autre quelqu'un de ces points, qu'on joint ensuite par un trait continu. Cette ligne une fois tracée, on décrit les cercles concentriques, qui donnent pour sections des points également éloignés deux à deux de la méridienne.

On peut encore remplacer le gnomon CI par un fil-à-plomb qui correspondrait exactement au-dessus du centre C, et qui porterait sur sa longueur une perle dont le centre tiendrait lieu de l'extrémité indicatrice I. La pénombre (p. 230) laissant un peu d'indécision sur le point qu'on doit marquer, on évite cette cause d'erreur en dessinant l'ombre entière de la perle ; le centre de cet ovale est l'ombre portée par le centre de la boule, lequel est regardé comme l'extrémité du gnomon.

On peut aussi se servir d'une tige de figure quelconque BA (fig. 43) terminée par un disque A ; ce disque est percé en *a* pour laisser passer un rayon solaire, qui peint sur l'horizon un ovale lumineux dont on marque le centre A, *a*, *a'*.... (fig. 40); mais il faut que le trou de la plaque soit placé en I verticalement au-dessus du centre C des cercles concentriques. La ligne idéale CI est alors visiblement le gnomon.

(*) Le Soleil ne décrit pas rigoureusement des cercles parallèles à l'équateur, puisque chaque jour il parcourt, obliquement à ce plan, un petit arc d'écliptique d'environ un degré (n° 25). L'astre ne restant pas du matin au soir dans le même cercle de déclinaison, excepté vers les solstices, la ligne CM doit éprouver une légère correction ; mais, à aucune époque de l'année, le mouvement solaire en déclinaison ne surpasse 1' par heure. On peut donc négliger dans le tracé une aussi petite erreur.

207. II. *A l'aide de la boussole.* On sait que l'aiguille aimantée se dirige vers le nord, en s'écartant de la méridienne d'une quantité à peu près constante dans la durée d'une année. L'*Annuaire* du Bureau des Longitudes donne cette déclinaison qui, pour Paris, est en 1836 de 22° 4′ vers l'ouest. Ainsi, en dirigeant une boussole, construite comme pour les usages géodésiques, de manière à faire répondre le pôle nord de l'aiguille à 22° 4′ à l'ouest du zéro de l'instrument, le diamètre qui passe par le degré zéro, ou l'alidade, se trouve dans le plan méridien. Des jalons placés dans cet alignement fixeront la situation de ce plan et sa trace sur l'horizon, qui est la méridienne. On ne doit pas oublier que le fer a la faculté de déranger l'aiguille, et qu'il faut éviter l'approche de ce métal.

208. III. *Par les étoiles.* On alignera l'étoile polaire (α de la petite Ourse) en se plaçant derrière un fil-à-plomb CD (fig. 42); le plan vertical ABCD ainsi déterminé est à peu près le méridien. Un signal blanc, une lumière, ou tout autre indicateur B, visible la nuit, qu'on placera dans cet alignement, donnera la méridienne BC : on peut encore opérer au clair de la Lune.

Il faut observer que la polaire est à 1°36′ du pôle; ainsi cette direction n'est qu'approchée, à moins qu'on ne choisisse l'instant où l'étoile est au méridien, ce qui arrive à peu près quand elle se trouve dans le même fil-à-plomb avec γ de Cassiopée, ou avec ϵ, la première des trois de la queue de la grande Ourse.

Le concours de la Polaire avec l'une de nos deux étoiles dans la verticale AB n'indique pas précisément leur passage au méridien, parce que leurs ascensions droites, au lieu d'être égales ou de différer de 180°, sont en erreur, l'une de 12′ 50″, l'autre de 12′ 48″ de temps; c'est-à-dire qu'elles passent au méridien environ 13′ avant la polaire. Il faudrait donc attendre cette durée après le passage de γ ou de ϵ dans le fil-à-plomb, puis faire placer un indicateur dans l'alignement de la polaire et du fil-à-plomb CD, sans avoir égard à ce que l'étoile γ ou ϵ s'en

serait écartée dans cette durée ; mais comme la Polaire décrit en 24^h un cercle de $1°36'$ de rayon, l'excursion en un quart d'heure n'est que de $2'$. Ainsi cette correction est à peine sensible, puisque l'erreur n'est que d'à peu près $8'$ d'un degré l'horizon.

209. C'est vers le 5 avril que l'étoile polaire passe à midi au méridien supérieur, et le 9 octobre à l'inférieur ; et comme le mouvement des étoiles les fait avancer chaque jour d'environ $4'$, ou de 2^h par mois, il est aisé de prévoir l'heure approchée du passage pour un jour quelconque. Par exemple, le 27 juillet, il y a 3 mois 22^j, écoulés depuis le 5 avril, ce qui donne à peu près $7^h28'$ d'avance. La Polaire passe donc au méridien supérieur $7^h28'$ avant le Soleil, c'est-à-dire vers $16^h32'$ ou $4^h\frac{1}{2}$ du mat. Il sera facile d'obtenir de même l'heure approchée du passage pour toute autre époque ; mais on voit que la Polaire n'est visible au méridien supérieur que dans l'intervalle qui s'écoule (durant l'hiver) depuis l'équinoxe d'automne jusqu'à celui du printemps. On peut, au reste, se servir en été du passage au méridien inférieur, chercher l'heure du phénomène pour un jour désigné, en attendre le moment, et aligner la Polaire à l'aide d'un fil-à-plomb, ainsi qu'il vient d'être dit.

Comme une petite différence d'heure ne produit aucune erreur sensible dans la détermination du méridien, par l'observation de la Polaire à son passage dans ce plan, une horloge passablement réglée suffira au but qu'on se propose ici; et même il est évident que toute étoile, surtout une circompolaire, peut être employée au même usage. A l'aide de nos cartes, ou plus exactement de la Table XI et du procédé n° **223**, on trouvera d'abord l'heure du passage de cette étoile au méridien pour un jour donné; puis à l'aide d'une montre dont l'exactitude devra être d'autant plus grande que cet astre sera plus loin du pôle, on marquera l'alignement où il se trouve avec un fil-à-plomb à l'instant prédit pour son passage. La Polaire a, sur toutes étoiles, l'avantage de ne donner aucune erreur lorsque la montre n'est que médiocrement réglée,

et même on est dispensé d'avoir une montre lorsqu'on observe ε de la grande Ourse, ou γ Cassiopée dans la même verticale qu'elle.

Si l'on veut employer l'alignement de deux autres étoiles dans le même fil vertical, il faut les choisir de sorte qu'elles aient des ascensions droites égales ou différentes de 180°, pour qu'elles passent ensemble au méridien. Ces astres doivent d'ailleurs être assez éloignés l'un de l'autre, et visibles du même côté du zénith (*voy.* la table XI); mais il convient de préférer une circompolaire pour rendre insensible une petite différence d'ascension droite. Voici les étoiles qu'on peut employer à cet usage, avec les dates de leur passage au méridien à midi, c'est-à-dire en même temps que le Soleil, pour servir à trouver l'heure approchée de ce passage à une autre époque.

La Polaire et ε de la grande Ourse... vers les	5 avril et 9 octobre.
α et β grande Ourse........................	2 mars et 3 septembre.
γ de la petite Ourse et ι du Dragon...........	13 mai et 15 novembre.
γ d'Andromède et le nœud α des Poissons.....	20 avril.
β du Lion et β de la Vierge..................	17 septembre.
β du Cocher et α Orion.......................	18 juin.
β Taureau et γ Orion.........................	10 juin.

240. Du reste, on conçoit que, s'il s'agit de placer une *lunette méridienne*, on ne peut espérer que ces divers procédés conduisent au degré de précision qu'exigent les observations astronomiques; le moyen le plus sûr consiste, comme on l'a dit page 10, à observer une étoile circompolaire, ou la polaire même, aux passages inférieur et supérieur. Mais ce procédé, qui suppose qu'on a de longues nuits sans nuages, et qui ne peut s'appliquer qu'à plusieurs étoiles, n'est pas toujours praticable.

On emploie alors les *hauteurs correspondantes*. Une étoile est à la même hauteur, de part et d'autre du méridien, pour des distances égales à ce plan. On observe donc plusieurs fois une étoile avant son passage, et l'on attend que, de l'autre côté, elle se retrouve aux mêmes élévations : le milieu entre les plans verticaux correspondants est le méridien; le milieu entre les

durées écoulées est l'instant du passage au méridien. Quand l'axe optique d'une lunette décrit un plan vertical, pour s'assurer que ce plan est le méridien, on notera l'heure du passage de l'étoile dont il s'agit par cet axe, et il faudra que cette heure soit précisément la moyenne entre celles des hauteurs égales des deux côtés; s'il n'en est pas ainsi, on déplacera la lunette jusqu'à ce que ces conditions soient remplies.

Cette opération est longue et souvent troublée par les nuages; on préfère observer à la lunette méridienne plusieurs étoiles dont les ascensions droites soient connues : si chacune passe à l'heure où elle doit se trouver au méridien, heure qui est exprimée par l'ascension droite de l'étoile en temps sidéral (p. 95), la lunette est dans le méridien; autrement on l'y amènera par des essais successifs. Il faut que les étoiles soient éloignées en déclin. On peut ainsi, en quelques heures de nuit, rectifier une lunette méridienne.

211. *Tracer un méridien.* Placez en avant d'un mur, ou à l'embrasure d'une fenêtre, etc., un disque A de métal (fig. 43) percé en son milieu d'un trou circulaire *a*, pour donner passage au rayon solaire AI; attendez que le Soleil soit au méridien, c'est-à-dire qu'il soit midi juste, ce dont vous serez assuré à l'aide d'une montre bien réglée, ou en faisant tomber l'ombre d'un fil-à-plomb CI (fig. 40) sur une méridienne horizontale CM déjà tracée.

A l'instant de midi précis, passez dans le trou *a* (fig. 43) un fil-à-plomb *ag*, et marquez l'ombre CM portée par ce fil sur la surface qui doit recevoir la ligne indicatrice et méridienne; ou bien marquez le centre M de l'empreinte circulaire du rayon de Soleil, et tracez la ligne CM qui est dans l'alignement de ce centre M et du fil-à-plomb *ag*. Lorsque la surface est celle d'un mur vertical, on peut encore marquer un trait CM de fil-à-plomb passant par le centre M de l'empreinte et rasant la muraille. On sera assuré que chaque jour à midi le milieu du cercle lumineux sera sur cette ligne.

212. On peut aussi tracer sur un mur vertical la ligne quel-

Digitized by Google

conque CM (fig. 44) d'un fil-à-plomb, et ficher dans la muraille une verge CG, sans autre précaution que d'en faire tomber l'ombre à midi sur cette verticale CM déjà tracée; car cette direction une fois fixée, lorsque le Soleil passe chaque jour au méridien, l'ombre couvre de nouveau le trait CM. On pratique volontiers ce procédé sur une vitre de fenêtre, afin de pouvoir observer le passage des étoiles au méridien et obtenir l'heure la nuit (n° 223); et même si l'on donne à la verge CG une direction convenable (*voy.* n° 313), on peut tracer un cadran solaire sur une vitre, et y lire l'heure sans sortir de l'appartement.

213. Au reste, lorsque l'arète de l'embrasure d'une fenêtre est exactement verticale, il suffit de marquer un jour, à midi précis, l'ombre que porte cette arète sur le plancher de la chambre, pour être sûr que, chaque jour, l'ombre se projettera à midi sur le même trait. Si l'arète n'est pas verticale, il faut l'armer d'une tige, au bout de laquelle on suspendra momentanément un fil-à-plomb, puis on marquera à midi l'ombre de ce fil, qu'on supprimera ensuite. Chaque jour on verra l'ombre de l'extrémité de la tige se peindre à midi sur cette ligne. Pour éviter la pénombre, qui rend indécise cette détermination (page 230), on peut fixer à la tige une boule, ou une plaque percée, comme dans la fig. 43. Le centre de l'image ovale tombe sur la méridienne tous les jours à midi précis.

214. *La hauteur du Soleil* à un instant quelconque, ou l'angle que forme avec l'horizon le rayon visuel dirigé au centre de cet astre, s'obtient aisément à l'aide du graphomètre, du séxtant, etc. La construction suivante peut aussi la donner avec assez d'exactitude. Fixez un gnomon ou axe vertical CI (fig. 41) sur un plan horizontal; mesurez la longueur de cet axe et celle de son ombre CA; puis, à l'aide de ces deux côtés CI, CA de l'angle droit, tracez un triangle dont les côtés soient proportionnels à ces longueurs, ou plutôt résolvez le triangle CAI; vous trouverez l'angle A, qui est la hauteur cherchée. On

peut remplacer le gnomon CI par un fil-à-plomb, comme on l'a dit page 293 (*). *V.* aussi page 305.

218. L'*Azimut* d'un astre est l'angle que forme, avec le méridien, le vertical où il se trouve. Comme du matin au soir le Soleil change graduellement de hauteur, on voit assez que, la déclinaison étant donnée d'avance, de ces trois choses, la hauteur, l'heure et l'azimut, l'une étant connue, les deux autres doivent s'ensuivre. Les problèmes compris dans cet énoncé se résolvent par le calcul trigonométrique, ou par la construction suivante (fig. 45), qu'on nomme *Analemme* ou *Projection orthographique de la sphère.*

Il faut se représenter que les deux plans *dpd'* et *dind'* sont à angle droit l'un sur l'autre; le 1[er] est vertical, le 2[e] horizontal, *dd'* étant leur commune section : le demi-cercle *dbpd'* est le méridien, *dind'*, l'horizon, *p* le pôle, *pc* l'axe du monde, *ec* perpendiculaire sur *pc*, l'équateur; *eb* étant la déclinaison du Soleil, *bfn* perpendiculaire à *pc*, est le parallèle diurne : il s'agit de trouver en quel point de ce cercle le Soleil est placé, quand sa hauteur est donnée, telle que *dr'*; *rr'*, parallèle à *dd'*, représente le cercle qui contient tous les points du ciel élevés de la même quantité *dr* au-dessus de l'horizon. Ainsi le point *m* de rencontre est la projection du Soleil, puisque ce point est le seul, sur le cercle *bn*, qui ait la hauteur exigée. Les verticales *rt*, *mv* déterminent le point *v*, à l'aide de l'arc de cercle *tv*, dont le centre est en *c*; quand le Soleil est en *m* sur le cercle *bn*, qu'il parcourt en 24^h, il est donc élevé au-dessus du point *v*; *cvm* est le plan vertical qui va de l'astre *m* à l'observateur *c*;

(*) Cette hauteur une fois connue, ainsi que la longueur de l'ombre d'un édifice, on peut trouver l'élévation de ce bâtiment; car on a un triangle rectangle formé par ces deux lignes et par le rayon solaire, triangle dont on connaît la base et l'angle aigu qui y est adjacent. Il est bon de faire cette opération à midi, attendu qu'à cette heure la hauteur solaire est toujours connue d'avance, puisqu'elle est égale à la hauteur de l'équateur (complément de la latitude), plus ou moins la déclinaison actuelle du Soleil, selon que cette déclinaison est boréale ou australe. (*Voy.* p. 16 et 302.)

cv est la direction de l'ombre d'un gnomon; et l'angle *dci* est l'azimut.

D'après cela, voici la construction qui détermine l'*azimut du Soleil pour une hauteur donnée.* Après avoir décrit un cercle quelconque *dbpi*, pris *dr* égal à la hauteur du Soleil, *pd'* égal à la latitude du lieu, mené *pc* et sa perpendiculaire *ec*, pris *eb* égal à la déclinaison de l'astre, telle que la donnent les tables pour le jour de l'observation (elle est supposée boréale dans la figure; si elle est australe, comme cela arrive en automne et en hiver, on la porte de *e* vers *b'*.); on mènera *bn* parallèle à *ec*, et *rr'* à *dd'*; et des points *m* et *r* les perpendiculaires *mv* et *rt* sur *dd'*; enfin l'arc *tv* donne le point *v*, la droite *ci* et l'azimut *dci*.

Maintenant, *pour avoir l'heure*, rabattons le cercle solaire *bn* sur le plan de la figure, en le faisant tourner autour de *bn*, et pour cela décrivons du centre *f* l'arc *bj*; la perpendiculaire *mj*, menée au point *m* sur *bn*, donne le point *j*, qui est le lieu où se trouve le Soleil dans son parallèle; l'arc *bj* est donc sa distance au méridien, qui, réduite en temps, à raison de 15° par heure, donne l'époque où l'astre a passé ou passera au méridien, et par suite l'heure de l'observation.

On sait donc trouver l'azimut du Soleil et l'heure, connaissant la hauteur de l'astre prise à une époque arbitraire; cette hauteur peut se tirer, comme on a vu, de la longueur de l'ombre d'une verticale, et la direction de cette ombre fait ensuite connaître celle de la méridienne, puisqu'on a l'azimut. La même construction, convenablement modifiée, peut aussi *donner la hauteur du Soleil et son azimut, l'heure étant connue.* Car traçons (fig. 45) l'horizon *dind'*, le méridien *dpd'*, le pôle *p*, l'équateur *ce*, et le parallèle diurne *bn*; puisqu'on donne l'heure, c'est-à-dire la distance du Soleil au méridien, l'arc *bj* est connu; on pourra donc tracer *jm*, puis *rr'*, qui fait connaître la hauteur *rd*. Ensuite on décrira successivement les lignes *mv*, *rt*, l'arc *tv*, puis le rayon *ci*, d'où résulte l'azimut cherché *dci*.

Lorsqu'on veut faire servir l'analemme à la détermination de la méridienne, il faut réitérer plusieurs fois l'opération, et

prendre une moyenne entre les résultats; il convient aussi de préférer les observations éloignées du méridien, parce que les azimuts sont plus grands, et que la marche du Soleil est plus rapide en hauteur. Malgré ces précautions, on sent que l'exactitude d'un tracé graphique est très médiocre, et qu'il convient toujours de préférer le calcul de l'azimut.

216. Les opérations d'arpentage consistent à mesurer les inclinaisons mutuelles de diverses lignes menées sur le terrain, et la longueur de ces lignes. La construction précédente, ou le calcul des azimuts de ces lignes, peut donc servir au lever des plans. On attend, par exemple, que le Soleil soit exactement dans la direction d'une allée ou d'un mur, et, d'après l'heure actuelle, on déterminera l'angle que fait cette direction avec la méridienne. Les étoiles peuvent être employées au même usage, puisqu'on en connaît les déclinaisons (*voyez* les planches et la Table XI) : on attend donc l'instant où une étoile se rencontre dans l'alignement proposé, et d'après l'heure ou la hauteur, on calcule, ou l'on construit l'azimut.

On a souvent besoin de connaître l'azimut d'un mur, et nous donnerons bientôt divers moyens de l'obtenir (n° 316); mais on voit qu'il suffit d'observer l'heure où une étoile est dans ce plan, ou bien celle où le Soleil commence ou cesse de l'éclairer.

Cette observation présente quelque sujet d'inexactitude, et l'on préfère placer des jalons dans la direction de la face murale, puis on trace quelque part une méridienne. L'angle de ces deux lignes est celui qu'on cherche; il ne reste qu'à le mesurer à l'aide d'un instrument. Comme la boussole offre à la fois le moyen de mesurer les angles et de tracer la méridienne, on peut l'employer ici avec avantage. Il suffira d'appliquer la face latérale de la boussole suivant une horizontale tracée sur le mur; la direction de l'aiguille, corrigée de la déclinaison, donne la méridienne, et par conséquent l'angle de ces droites.

C'est d'après cela qu'on a imaginé le *Déclinatoire* (fig. 47),

sorte de graphomètre BAD, dont la demi-circonférence est graduée, et qui porte une alidade mobile CD, armée d'une boussole M, dont le méridien magnétique, corrigé de la déclinaison (n° 207), est parallèle à CD. On applique horizontalement le diamètre AB sur le mur, et l'on fait tourner l'alidade CD, jusqu'à ce que l'aiguille se retrouve dans ce méridien, qui est marqué par une *ligne de foi*. L'arc AD est l'azimut du mur.

Position des étoiles, du Soleil, de la Lune et des planètes à chaque instant; lever et coucher de ces astres; heures de leurs passages au méridien, etc.

217. *Trouver l'ascension droite des étoiles, leur déclinaison, leur longitude et leur latitude.*

Chaque fois que nous indiquerons l'usage des planisphères dans la résolution des problèmes, nous supposerons qu'on se contente de valeurs approchées : on sent en effet qu'on ne peut obtenir des nombres bien exacts par des opérations graphiques. La composition des cartes a été expliquée n° 139, et l'on en tire aisément les procédés suivants pour résoudre le problème proposé :

1°. S'il s'agit de cartes polaires I et II, qu'il soit, par ex., question de β du Dragon, on mènera, par cette étoile et le pôle, une droite qui ira marquer sur le cadre l'ascension droite en degrés et en temps; en lisant cette double graduation, on trouve ici $17^h 26' \frac{1}{2}$ ou 261°36'. Posant ensuite une pointe de compas sur le pôle et l'autre sur l'étoile, puis portant cette ouverture sur l'échelle de la carte, à partir du pôle, point d'où les distances polaires vont en croissant, on trouve 37°34' d'un côté, et de l'autre son complément 52°26' : le 1er nombre est la distance de l'étoile au pôle; le 2e est sa déclinaison ou sa distance à l'équateur. Ces nombres ne peuvent d'ailleurs être donnés par les planisphères avec l'exactitude que nous avons exprimée ici.

2°. S'il faut recourir à la carte III, on mènera par l'étoile

deux parallèles au cadre, et ces lignes y marqueront l'ascension droite en bas, et la déclinaison latéralement. C'est ainsi que, pour Altaïr, ou α de l'Aigle, on trouve $19^h 42'$ ou $295°30'$ d'ascension droite, et $8°26'$ de déclinaison boréale.

3°. Quant à la longitude et à la latitude, on en fait plus rarement usage pour les étoiles; celles qui sont voisines du zodiaque sont rapportées à ces coordonnées dans la carte IV, et la même construction conduit au résultat cherché. C'est $299°23'$, par exemple, qu'on trouve pour longitude d'Altaïr, et $29°19'$ pour la latitude boréale.

Pour plus de précision, on doit recourir à la Table XI qui fait connaître l'ascension droite et la déclinaison des principalesétoiles pour le 1er janvier 1830 : la *Connaissance des Tems* de 1804 donne les longitudes et latitudes. (*Voy.* la Table IV.)

218. *Trouver chaque jour le lieu apparent du Soleil, sa longitude, son ascension droite, sa déclinaison et sa hauteur méridienne.*

Le Soleil nous paraît décrire en un an l'écliptique céleste, d'occident en orient; et si cet astre était privé de l'éclat qui absorbe toute autre lumière, nous le verrions répondre successivement à la série d'étoiles qui bordent l'écliptique (n° 28). Le point que, chaque jour, le centre du Soleil occupe à *midi*, est à l'intersection de la courbe, qui, dans nos planisphères, représente ce cercle céleste, avec la verticale, ou le cercle de déclinaison, mené par le point du cadre qui porte la date proposée.

Il est donc aisé de suivre de l'œil sur les cartes III et I la marche du Soleil de jour en jour, d'en indiquer la position, de reconnaître les étoiles qui en sont voisines, etc. L'ascension droite et la déclinaison de l'astre sont désignées comme pour une étoile; il suffit de poser une règle verticalement sur le point du cadre qui porte la date donnée, en sorte que cette règle réponde à des graduations égales en haut et en bas : le point de section de la règle avec la courbe est le lieu du Soleil, le bord

de la règle montre en bas l'ascension droite; enfin on lit latéralement la distance à l'équateur ou la déclinaison.

La carte IV, où les coordonnées sont la longitude et la latitude, et où l'équateur est une courbe et l'écliptique une droite transversale, donne la longitude du Soleil par le même procédé.

Par exemple, on voit qu'au 21 novembre 1836, à midi, le Soleil a pour ascension droite 237°2', ou $15^h 48'$; pour déclinaison australe 20° 1'; 239° 15' de longitude, et qu'il est près de β du Scorpion. Cette étoile et ses voisines sont donc alors complétement invisibles.

Il est inutile de dire qu'on fait ici abstraction de la précession, de la nutation et de l'aberration : la première de ces quantités a seule une valeur assez grande pour qu'on puisse y avoir égard dans des cartes; aussi les nôtres ne peuvent-elles guère servir que jusqu'à 1850. Plus on s'éloigne, et plus la précession s'accroît, en sorte qu'on ne peut plus la négliger sans erreur.

Du reste, les planisphères sont construits pour l'an bissextile 1820. Or, chaque année le Soleil s'avance d'environ 6^h vers l'orient, ou d'un quart de degré; ce n'est qu'après quatre ans révolus, qu'au retour de la bissextile le jour intercalé vient rétablir l'accord entre les cartes et l'état du ciel. Si donc on veut obtenir exactement le lieu du Soleil *à midi* pour un jour d'une année commune, il faut prendre au haut de la carte la date de ce jour, *et reculer vers la droite d'un quart de degré*, pour chaque année *après* la bissextile, parce que l'année solaire est de $365^j 6^h$, et que les 6^h d'excès sur les années communes s'ajoutent pendant 4 ans pour composer l'année de 366 jours. Pour les mois de janvier et février, on reculera au contraire, vers l'orient, d'un quart de degré par chaque année *avant* une bissextile. Cette rétrogradation peut se faire commodément à l'aide des obliques qu'on a tracées au bas du planisphère III. Ainsi, au lieu de faire partir la verticale du point du cadre marqué par la date donnée, on la fera partir du point de section de l'une des obliques par la parallèle longitudinale qui convient au rang de l'année proposée à l'égard de la bissextile. Le lieu du

Soleil est alors donné par le point de l'écliptique qui est dans cette verticale.

Et si l'on veut le lieu du Soleil pour une autre heure que midi, il faut, au contraire, procéder vers la gauche d'un quart de degré par 6ʰ, ce qui revient à partager en quatre le petit intervalle d'environ 1°, qui est la marche du Soleil en un jour. Les obliques peuvent encore servir à cet usage.

Quant à la hauteur méridienne du Soleil, nos cartes la font aussi connaître, puisque (p. 73) elle est

= *Haut. de l'équateur* (ou *compl. latit. du lieu*) ± *déclin.*

Par ex., quelle est à Paris l'élévation du Soleil à midi le 22 novembre 1836? Comme ce jour la déclin. est australe et de 20° 14', ôtant de 41° 10', distance du zénith au pôle, pour Paris, il reste 20° 56' pour la hauteur méridienne demandée.

Si l'on veut plus de précision, c'est dans la *Conn. des Tems* qu'il faut chercher les valeurs exactes de la longitude, de l'asc. dr. et de la décl. ⊙. De même, la Table III donne la long. ⊙ moyen d'où l'on peut tirer ensuite la déclin. et l'ascen. droite moyennes. (*V.* T. I.)

219. ***Étant donnée l'heure solaire, trouver l'heure sidérale, ou le cercle horaire qui passe au méridien, et réciproquement.***

L'heure sidérale est le temps écoulé depuis que l'équinoxe ♈ a passé au méridien supérieur (n° 44). Les cartes font connaître le lieu du Soleil chaque jour sur l'écliptique, point qui est au méridien à midi vrai. On lira donc en haut du cadre le degré d'asc. dr. qui répond à la date proposée, et en bas l'heure équivalente, c.-à-d. l'heure sidérale à midi. On se rappelle que 5° valent 20' de temps, que 1° vaut 4', etc. Après quoi il ne restera qu'à ajouter à cette heure sidérale le temps donné, qu'on suppose écoulé depuis midi. Par ex., le 1er août 1829, je vois qu'à midi le cercle horaire qui passe par le méridien et le centre du Soleil a 13° 15' d'asc. dr., et qu'il est 8ʰ 45' de temps sidéral à midi. Ainsi, à 9ʰ 13' du soir, il est 17ʰ 58' t. sid.

220. ***Étant donné l'angle horaire actuel d'une étoile, ou sa***

distance au méridien, trouver le cercle horaire qui coïncide avec le méridien, ou l'heure sidérale, et réciproquement.

Il suffit visiblement, pour résoudre ce problème, de remarquer, dans les planisphères I, II ou III, les graduations d'asc. dr. des verticales qui passent par l'étoile proposée et par le méridien donné, et de compter de l'un à l'autre les degrés ou les temps intermédiaires.

221. *Trouver les syzygies écliptiques et la position des nœuds de l'orbe lunaire.*

La *Connaissance des Tems* donne chaque jour le lieu du nœud ☊ de la Lune. Au reste, ce nœud coïncidait avec l'équinoxe ♈ le 1er mai 1820, et l'on sait (p. 188) qu'il rétrograde de 3′ par jour, 1° en 19 jours, 19°20′ par an; il est donc bien aisé de le déterminer par le calcul et d'en assigner le lieu sur nos cartes, afin de juger, à la seule inspection, si, pour une néoménie ou une pleine Lune, l'éclipse est possible, ou non (n° 68). Au reste, voici un point de départ plus rapproché :

Néoménie le 16 janvier 1828 à 12^h^ 33′ long. ☊ = 7^s^0°54′
Pleine Lune le 1............ à 18^h^ 5′ long. ☊ = 7.1.42.

On peut, d'après ces nombres, trouver les nœuds à une époque quelconque, et juger s'il doit y avoir éclipse, en partant de la 1re néoménie de 1828, ou de la 1re pleine Lune; il faudra rétrograder sur l'écliptique de 1° 34′ par lunaison. Ainsi, pour la 1re néoménie d'avril, on rétrograde 3 fois 1° 34′, et l'on a long ☊ = 6^s^26° 12′ (en retranchant 4°42′); le nœud est donc près de l'Épi de la Vierge, ainsi qu'on le voit sur la carte IV : on reconnaît par le lieu du ⊙ à la même néoménie (14 avril, *voy*. table III et p. 127) que l'éclipse de ⊙ est possible; car le ☋ a pour longitude 0^s^ 26° 12′, et le Soleil 0^s^ 24° 30′; cet astre est donc très voisin de ce nœud. Pour obtenir le nœud à la 1re néoménie de 1829, qui est la 13e après celle de janvier 1828, il faudra rétrograder de 20° 21′, et ainsi de suite.

222. *Trouver le lieu de la Lune dans le ciel à chaque instant.*

On a vu, n° 81, que la nouvelle Lune passe presqu'en même temps que le Soleil au méridien; dans les jours suivants, la Lune s'en écarte de plus en plus vers la gauche. La distance est de 90° au premier quartier, de 180° à la pleine Lune, etc.; l'écart est de 12°11′ par jour. Ainsi, après avoir cherché dans le planisphère IV le lieu actuel du Soleil sur l'écliptique, puis l'âge de la Lune, estimé, si l'on veut, par l'épacte (p. 141), on procédera vers la gauche du Soleil d'autant de fois 12°11′ qu'il s'est écoulé de jours depuis la néoménie.

Ainsi, lorsque l'éclat de la Lune absorbe la lumière des étoiles, excepté les plus brillantes, on peut suppléer à la méthode des alignements, en cherchant le lieu que la Lune occupe sur les cartes, et l'on reconnaît bientôt les étoiles qui en sont voisines. Le lieu de la Lune est proche de l'écliptique, et cet astre s'en écarte au plus de 5° à 6° (n° 88). On sait donc juger, à l'inspection de la carte IV où se trouve à peu près cet astre, l'heure du passage au méridien, quelles sont les étoiles voisines ou occultées, etc.

On demande, par exemple, quel est le lieu approché de la Lune le 24 juillet 1836, jour qui est le 11[e] de la lunaison: 10 fois 12° 11′ donne 122° = $4^s\ 2°$ pour la quantité dont la Lune s'est écartée du Soleil vers la gauche; et comme le Soleil a $4^s 1°$ de longitude, celle de la Lune est $8^s 3°$. Ce satellite est au-dessous de l'écliptique, proche d'Antarès. Ainsi, la Lune a environ $16^h\ 28'$ d'ascension droite; celle du Soleil est $8^h\ 15'$, la différence $8^h\ 13'$ est l'heure approchée du passage de la Lune au méridien.

Au reste, pour plus d'exactitude, il convient de recourir à la *Connaissance des Tems*, où l'on trouve l'ascension droite, la déclinaison, la longitude et la latitude de la Lune, coordonnées qui donnent le lieu précis de l'astre.

223. ***Trouver l'instant où une étoile désignée passe au méridien, et en général régler une pendule sur les étoiles.***

Nous connaissons les ascensions droites des étoiles: en considérant deux de ces astres, la différence de leurs ascensions

droites en temps est la durée sidérale qui s'écoule entre leurs passages méridiens. Par exemple, en 1836, β du Dragon a $17^h 26' 43''$ d'ascension droite (*voy.* table XI); c'est l'heure sidérale à laquelle cette étoile sera au méridien, ou l'intervalle qui se sera écoulé depuis le moment où l'équinoxe ♈ a traversé ce plan. Mais l'ascension droite de α du Cygne est de $20^h 35' 48''$; la différence $3^h 9' 12''$ indique donc que, dans tous les pays du monde, α du Cygne passe au méridien $3^h 9' 12''$ temps sidéral, après que β du Dragon s'y est trouvé.

Maintenant regardons le Soleil comme une étoile dont l'asc. droite est connue, et comparons sa position à celle d'une étoile quelconque; la différence des ascensions droites en temps sera, de même que ci-dessus, la durée sidérale dont l'un passe avant l'autre au méridien, c'est-à-dire l'heure vraie du passage de l'étoile, puisque le Soleil s'y trouve toujours à midi. Seulement il faut observer que ce dernier astre procède vers l'orient d'environ 1° par jour, et que, par conséquent, il a marché à l'est, dans la durée dont il s'agit, de $10''$ de temps par heure (nº 38); il faut donc retrancher de l'heure obtenue, autant de fois $10''$ qu'il y a d'heures écoulées depuis midi. Tirez de là cette règle :

Évaluez en temps l'ascension droite du Soleil et celle de l'étoile; retranchez la 1re de la 2e; le reste est l'heure du passage de l'étoile au méridien, en ôtant $10''$ par heure. On ajoute 24^h à l'ascension droite de l'étoile, lorsqu'il en est besoin, pour rendre la soustraction possible. Nous donnerons ce calcul avec plus de précision.

Par exemple, quelle est l'heure du passage d'Antarès au méridien le 3 juin 1836? L'ascension droite de l'étoile est de $16^h 19' 20''$; celle du Soleil est, ce même jour à midi, $4^h 45' 37''$; différence, $11^h 33' 43''$: c'est l'heure approchée. Mais, dans cette durée, le Soleil a procédé vers l'orient de $116''$ (nº 38); ainsi il reste pour l'heure demandée $11^h 32' 47''$ du soir.

224. Nos cartes, surtout la IIIe, donnent, sans calcul, l'heure du passage d'une étoile au méridien, à 1' près, précision égale à celle des cadrans solaires. Qu'on jette les yeux sur ces cartes,

et l'on y reconnaît de suite les lieux qu'occupent le Soleil et l'étoile : des verticales marquent, à la partie inférieure du cadre, leur ascension droite en degrés et en temps. Il suffira donc de partir du lieu du Soleil; et, procédant de droite à gauche, on comptera combien il y a d'heures jusqu'au lieu de l'étoile : on traduit 5° par 20', et 1° par 4' de temps.

Nous avons dit (n° 212) que si l'on a tracé une verticale sur une vitre, et fixé une aiguille au-devant, en la dirigeant de telle sorte que l'ombre tombe un jour à midi sur cette droite, on est assuré que l'aiguille est dans le méridien; ces deux droites déterminent donc ce plan. Dès qu'une étoile passera dans l'alignement ainsi formé, on pourra l'observer et noter l'heure que marque une horloge au même instant. Comme l'heure solaire du passage de l'étoile au méridien est connue d'avance, on évalue la quantité dont la pendule est en erreur, et l'on peut en régler la marche par ce procédé.

Voici encore un moyen facile d'avoir l'heure. Observez une étoile quelconque, quand elle se cache ou se découvre derrière un clocher, un édifice, un mur...., et supposez que vous ayez calculé l'heure sidérale de ce phénomène par un moyen quelconque : tous les autres jours de l'année, cet événement arrivera à cette même heure sidérale, et vous en pourrez conclure l'heure vraie par ce qui vient d'être dit (n° 219). Il suffira donc d'observer le phénomène du même lieu, et de noter l'heure de la montre à cet instant, puis de la comparer à celle que donne le calcul. On fera choix de quelques belles étoiles qui tour à tour pourront être employées à cette opération, dans le cours de l'année; seulement la précession changeant un peu l'heure sidérale, il faudra, l'année suivante, corriger celle de l'observation.

223. *Juger de l'état du ciel à un jour et une heure désignés, c'est-à-dire trouver les étoiles qui sont dans le méridien, ou dans un vertical donné, leur élévation sur l'horizon, les constellations visibles et leurs positions relatives, enfin celle qui est au zénith.*

Le firmament présente un spectacle sans cesse variable avec les heures et les saisons : pour connaître l'état du ciel à une époque désignée, cherchez le lieu du Soleil : ce point passe au méridien à midi; partant de son degré d'asc. droite, procédez vers la gauche, et 15° au-delà, vous trouverez le cercle horaire qui y passe à 1^h; 15° plus loin est celui qui passe à 2^h, et ainsi de suite. Comptez donc de droite à gauche et de 15° en 15°, par les heures marquées au bas de la carte III, et vous arriverez successivement sur 7^h, 8^h, 9^h..., enfin sur l'heure que vous préférez pour l'observation. La verticale correspondante rencontre toutes les étoiles qui passent au méridien à cet instant, dans l'ordre d'élévation où le planisphère les montre.

Les constellations voisines de ce cercle de déclinaison seront visibles; savoir, celles qui sont tracées vers la droite sur la carte, seront vues du côté occidental, ou à la droite du spectateur tourné vers le sud; elles ont déjà passé au méridien : celles, au contraire, qui sont marquées à gauche du cercle horaire méridien, vont y entrer, et sont placées du côté gauche ou oriental. On peut même, par les degrés d'asc. dr. qui les séparent de ce cercle, estimer depuis combien de temps les premières ont quitté le méridien, et dans combien de temps les autres y entreront. Chaque étoile y revient à 24^h sidérales de distance.

En recourant ensuite au planisphère polaire I ou II, on y cherchera le numéro d'ascension droite du méridien actuel, et l'on tournera la carte de manière à avoir devant soi directement le rayon qui part de ce numéro, et à pouvoir lire les noms des constellations qui en sont voisines, dans le sens où ils sont écrits. Le point du ciel qui occupe actuellement le zénith est à la section du rayon dont on vient de parler, avec le cercle décrit du pôle, comme centre, d'une ouverture égale au compl. de la latit. du lieu. Ce cercle est tracé, pour Paris, à 41°10′ du pôle, et on le décrit aisément pour toute autre latitude, à l'aide de l'échelle qu'on voit sur la carte. Les constellations que présente le planisphère polaire, font la continuation de la région supérieure de la carte III : et comme, dans leur rotation diurne, celles qui avoisinent le pôle prennent sous nos yeux

toutes les positions autour de ce point, la carte montre leurs situations respectives à l'instant proposé.

Suivons ces détails sur un exemple : prenons l'époque du 22 août 1836, à $9^h 25'$ du soir, et cherchons l'état du ciel à cet instant. Nous voyons d'abord qu'à midi le Soleil était dans la constellation du Lion, près de Régulus, ayant $151°\frac{1}{2}$ d'ascension droite : le moment désigné est $9^h 25'$ du soir; procédons de $9^h 25'$, ou 9^h et $6°\frac{1}{4}$ vers la gauche de ce numéro; ce qui nous porte sur $292°\frac{3}{4}$: telle est l'ascension droite du cercle horaire qui coïncide avec le méridien, et qui revient à $19^h 31'$; en sorte qu'il y a ce temps que le point ♈ a passé dans ce même plan. Une verticale menée par ce degré me donne l'aspect suivant :

Le méridien traverse Antinoüs, l'Aigle, la Flèche et le Cygne; auprès et à gauche, on voit le Capricorne et le Dauphin, à droite la Lyre et Ophiucus. Un peu plus à gauche sont le Verseau, le petit Cheval, les Poissons et Pégase; enfin Andromède, Persée et le Bélier : à l'occident au contraire, sont le Sagittaire, Hercule, la tête du Serpent, la Couronne et le Bouvier. Si l'on se tourne vers le pôle, la petite et la grande Ourse, séparées par la queue du Dragon, sont à gauche; à droite sont Cassiopée et la Chèvre; enfin le zénith est près de α du Cygne.

Cet exposé offre un moyen de reconnaître aisément les constellations sans le secours des alignements, procédé commode lorsque le temps est nébuleux, et qu'on ne voit qu'une partie du ciel. On ne doit pas oublier que le spectateur tourné vers le sud, voit l'orient à sa gauche, tel qu'il est dans la carte III; mais s'il regarde le nord, et qu'il consulte les cartes polaires I et II, comme la rotation autour du pôle se fait dans le sens où les flèches l'indiquent, pour ne pas voir le mouvement du ciel se diriger en sens contraire de celui dont les cartes lui offrent l'aspect, il doit tourner la carte de manière à avoir près de lui, non plus le numéro d'ascension droite qui est actuellement au méridien, mais celui qui est à 180°; c'est-à-dire, que l'axe placé symétriquement

devant ses yeux est le prolongement du rayon qui représente ce méridien supérieur.

Quant à la hauteur de chaque étoile lorsqu'elle passe au méridien, elle se compose, comme pour le Soleil (*voy.* p. 305), de la hauteur de l'équateur (complément de la latitude), plus ou moins la déclinaison selon qu'elle est boréale ou australe; ainsi rien n'est plus facile que de la trouver. Quand cette déclinaison est boréale et surpasse la hauteur de l'équateur, l'étoile ne s'abaisse jamais sous l'horizon. Le cercle décrit du pôle pour centre, avec un rayon égal à la latitude, comprend toutes les étoiles qui ne se couchent jamais pour nous : ce cercle est tracé dans les cartes polaires I et II. La hauteur des étoiles et leur azimut à toutes les heures s'obtiennent par la figure de l'analemme (fig. 45), comme pour le Soleil, en prenant l'arc *bj* égal à la distance de l'étoile au méridien. (*V.* n° 215.)

226. Afin de rendre les recherches moins longues, nous donnons ici un tableau des heures solaires du passage au méridien pour les principales étoiles, le 1er de chaque mois; et si l'on veut connaître l'heure pour un autre jour du mois, il suffira d'ôter 4′ de temps par jour, qui est la marche diurne des étoiles vers l'ouest. Ainsi, l'aspect du ciel est le même le 1er du mois à $8^h\,50'$ du soir, que le 10 à $8^h\,10'$, en ôtant 40′, marche des étoiles en 10^j : Aldébaran, qui passe au méridien le 1er janvier, à $9^h\,40'$, passera le 7 à $9^h\,16'$, en ôtant 6 fois 4′, etc.

D'après cela, cherchons l'aspect du ciel le 13 février, à $9^h\,20'$ du soir. Pour revenir au 1er, j'avance de 48′ pour 12^j, et je cherche l'aspect pour le 1er à $10^h\,8'$, parce que tout y est dans le même état. Or, la table indique que Pollux passe au méridien à $10^h\,37'$; jetant les yeux sur la carte III, j'ai déjà une connaissance approchée de l'aspect céleste; mais pour tenir compte des 29′ de trop, qui valent $7°\frac{1}{4}$, à raison de 4′ par degré, je transporte la verticale de Pollux de $7°\frac{1}{4}$ à droite, et je vois que le 13 février à $9^h\,20'$ le méridien passe entre δ et ζ des Gémeaux; que les pieds et Sirius y sont déjà passés; que Castor, Pollux et Procyon vont y entrer; Orion et la Chèvre sont

vers la droite ; le Cancer et le Lion sur la gauche : en se tournant du côté du nord, on voit Cassiopée près de l'horizon à gauche, la grande Ourse à droite, le Lynx au zénith. (*Voyez* la carte I.)

Heures vraies du passage au méridien des principales Étoiles (*en* 1826).

Mois.	Aldéb.	Pollux.	Régul.	β Lion.	Antar.	α Ophi.	Ataïr.	Markab.
1. janv.	9h 40′	12h 49′	15h 13′	19h 54′	21h 33′	22h 41′	0h 56′	4h 10′
1. févr.	7.28	10.37	13. 1	14.42	19.21	20.29	22.44	1.58
1 mars	5.38	8.45	11. 9	12.50	17.29	18.37	20.52	0. 8
1 avril	3.45	6.54	9.18	10.59	15.38	16.46	19. 1	22.15
1 mai	1.54	5. 3	7.27	9. 8	13.47	14.55	17.10	20.24
1 juin	23.51	3. 0	5.24	7. 5	11.44	12.52	15. 7	18.21
1 juill.	21.47	0.56	3.20	5. 1	9.40	10.48	13. 2	16.17
1 août	19.42	22.51	1.15	2.56	7.35	8.43	10.58	14.12
1 sept.	17.46	20.55	23.19	1. 0	5.39	6.47	9. 2	12.16
1 oct.	15.58	19. 7	21.31	23.12	3.51	4.59	7.14	10.28
1 nov.	14. 2	17.11	19.35	21.16	1.55	3. 3	5.18	8.32
1 déc.	11.58	15. 7	17.31	19.12	23.51	0.59	3.14	6.28

Dans tout ceci, une erreur de 1 ou 2 degrés est de peu d'importance pour notre objet, puisqu'il n'est pas ici question d'avoir la situation précise des étoiles.

ASPECTS DU CIEL POUR LE

à 9h du soir,

MOIS.	CÔTÉ GAUCHE OU ORIENTAL.	MÉRIDIEN.
Janvier	Cocher, Chèvre Orion, les deux Chiens Gémeaux, Régulus *se lève*	Pléiades Eridan Taureau
Février	Les deux Chiens, Hydre Gémeaux, Lion, Cancer	Sirius, Lièvre, Orion, Colombe.
Mars	Hydre, Cancer, Lion, Bouvier Vierge et Corbeau *se lèvent*	Procyon Gémeaux
Avril	Bérénice, Vierge Epi, Corbeau, Coupe Bouvier, Couronne	Hydre, Cancer Lion
Mai	Vierge, Balance, Bérénice Bouvier, Couronne Têtes du Serpent et d'Ophiucus	β Lion Coupe Corbeau
Juin	Balance, Antarès Serpent, Ophiucus, Aigle Couronne, Hercule, Lyre	Epi Arcturus
Juillet	Ophiuchus, Aigle Cygne, Lyre, Hercule Pégase *se lève*	Antarès α Serpent Couronne
Août	Antinoüs, Aigle Cygne, Capricorne Verseau, Pégase, Sagittaire	Ophiuchus Hercule
Septembre	Verseau, Pégase Dauphin, Bélier Poissons, Capricorne	Aigle Sagittaire
Octobre	Poissons, Bélier Baleine, Pégase Andromède, Fomalhaut	Verseau
Novembre	Andromède, Bélier Taureau, Pléiades Baleine, Orion *se lève*	Algénib Poissons
Décembre	Éridan, Taureau, Baleine Pléiades, Orion Gémeaux, Chèvre, Persée	Bélier

1er JOUR DE CHAQUE MOIS,

et à Paris.

CÔTÉ DROIT OU OCCIDENTAL.	ZÉNITH.	CÔTÉ DU PÔLE BORÉAL.
Baleine, Bélier. Poissons, Pégase Andromède.	Persée.	*A dr.*, gr. Ourse, Lévriers. *En bas*, petite Ourse, Dragon.
Éridan, Taureau Pléiades, Bélier, Baleine. Androm., Persée, Pégase.	Cocher. Chèvre.	*A gau.*, Cassiopée, Céphée, Cygne.
Sirius, Orion. Cocher, Taureau. Pléiades, Bélier.	Lynx.	*A dr.*, les deux Ourses, Dragon. *En bas*, Céphée, α Cygne, Lyre.
Procyon, Gémeaux Orion, Taureau, Pléiades. Cocher, Sirius.	l'S de la gr. Ourse.	*A gauche*, Cassiopée, Persée, Andromède.
Hydre, Lion, Cancer. Procyon, Gémeaux Cocher.	Grande Ourse.	*A dr.*, Dragon, petite Ourse, α Cygne, Lyre.
Vierge, Coupe. Corbeau, Lion. Hydre, Gémeaux.	α Grande Ourse.	*En bas*, Cassiopée. *A gau.*, Persée, Chèvre.
Balance, Vierge. Bouvier, Lion. Bérénice.	Dragon.	*En haut*, Dragon, petite Ourse. *A dr.*, Céphée, Cass.
Scorpion, Balance. Serpent, Bérénice. Couronne, Bouvier.	Lyre. Dragon.	*En bas*, Persée, Chèvre. *A gau.* gr. Ourse.
Bouvier. Serpent, Ophiuchus. Hercule, Couronne.	Cygne. Lyre.	*A dr.*, Céphée, Cass., Andromède. *A gau.*, les 2 Ourses.
Capricorne, Dauphin. Aigle, Antinoüs. Hercule, Lyre, Couronne.		*En haut*, Céphée. *A dr.* Cassiopée, Cocher, Persée.
Antinoüs, Verseau. Capricorne, Dauphin. Aigle, Cygne, Lyre.	α Andromède.	*En bas*, gr. Ourse. *A gau.*, pet. Ourse, Dragon.
Pégase, Andromède. Verseau, Cygne, Lyre. Dauphin, Poissons.	Persée.	*En haut*, Cassiopée. *A dr.*, gr. Ourse. *A gau.*, Céphée, Dragon.

227. *Déterminer l'heure et le lieu du lever et du coucher des étoiles, et celles qui, à un instant désigné, sont dans l'horizon.*

Tout cercle parallèle à l'équateur est coupé par l'horizon en deux points; un astre se lève ou se couche quand le point qu'il occupe dans son cercle horaire se trouve sur l'horizon : les lieux du lever et du coucher sont à la même distance du méridien, l'un vers l'orient, l'autre vers l'occident; ces points sont d'autant plus voisins du septentrion, et l'arc du cours visible de l'astre est d'autant plus grand, que la distance au pôle approche plus de la latitude du lieu de l'observation, en les supposant l'une et l'autre vers le même pôle. Mais, si l'une est boréale et la déclinaison australe, le contraire arrive, et les points du lever et du coucher se rapprochent du sud, en même temps qu'on voit diminuer l'arc diurne décrit par l'astre au-dessus de l'horizon. Nous faisons ici abstraction de la réfraction (nº 124). Quant aux étoiles circompolaires, on sait que si leur déclinaison surpasse la latitude, elles ne se couchent pas lorsqu'elles sont voisines du pôle visible; autrement elles ne se lèvent jamais, quand elles sont vers le pôle opposé. D'ailleurs, pour les habitants d'un même méridien terrestre, les lieux du lever et du coucher, et l'étendue de l'arc visible, changent avec la latitude: ces choses demeurent les mêmes pour les pays qui sont sous un parallèle commun.

Deux cercles horaires ou de déclinaisons, qui sont également inclinés des deux côtés du méridien, vont rencontrer l'horizon en deux points, qui ont même distance au pôle, puisque tout est égal de part et d'autre du méridien. Concevons donc des cercles horaires, les uns à droite, les autres à gauche de ce plan, et sous des inclinaisons respectives égales par rapport au méridien; l'horizon les coupera deux à deux, à même distance du pôle. La suite de ces points formera, sur nos cartes, une courbe qui est la limite des parties visibles de la voûte céleste, et qu'on voit au ponctué dans les planisphères I et III, pour la latitude de Paris. Cette courbe sépare la région visible du ciel de celle qui est invisible, et représente l'horizon, tel qu'on l'observe à Paris quand il est, chaque jour, 14 heures sidérales.

Depuis o jusqu'à 90° d'inclinaison d'un cercle horaire sur le méridien, le point de rencontre avec l'horizon est au-dessous de l'équateur; à 90° le cercle est perpendiculaire au méridien; cette rencontre a lieu aux points mêmes où l'équateur coupe l'horizon, et qui déterminent la ligne d'est et ouest : mais, au-delà de 90°, la distance des points de sections au pôle continuant de décroître, ces points sont au-dessus de l'équateur. Ainsi la courbe qui limite l'horizon, abaissée vers le sud au-dessous de l'équateur, est au contraire élevée au-dessus du côté du nord.

Le méridien est coupé par l'horizon en deux points opposés, à la même distance de l'équateur, l'un en-dessous, l'autre en-dessus : cette distance est égale à celle du pôle au zénith (n° 15); le premier est le plus bas, le second le plus haut des points visibles du ciel à l'égard de l'équateur. Le cercle horaire, qui va de l'orient à l'occident, est coupé par l'horizon à 90° du pôle. Les divers points de notre courbe passent graduellement de l'une à l'autre de ces quatre limites.

228. Pour éviter les calculs et les constructions, qui ne conviennent guère à une opération qui doit être instantanée, on découpera un papier ou une glace imitant le contour concave de la courbe ponctuée de nos planisphères. L'application de ce *modèle* ou *patron* sur la carte, dans une position convenable, fera de suite connaître la ligne de l'horizon. On cherchera le cercle de déclin. qui coïncide actuellement avec le méridien (n° 219); puis, prenant 90° de part et d'autre, on marquera sur l'équateur les deux points correspondant à ces ascensions droites; ensuite on appliquera le modèle, en faisant tomber sur ces deux points les extrémités de la courbe. On jugera ainsi du degré d'élévation ou d'abaissement des astres par rapport à l'horizon, d'après la distance normale de ces astres à la courbe.

En faisant ensuite glisser les deux extrémités du modèle le long de la droite qui figure l'équateur, jusqu'à ce que la courbe passe par une étoile donnée, on pourra dire dans combien de temps cette étoile se lèvera ou se couchera, en comptant les

heures décrites sur l'équateur par l'extrémité du modèle. Nous avons marqué, sur la courbe qui représente l'horizon, des degrés qui sont les inclinaisons des cercles horaires correspondants sur le méridien, c'est-à-dire la distance angulaire de chaque point de l'horizon à ce plan. On peut donc en conclure l'étendue de l'arc visible décrit par une étoile, sa distance au méridien à l'instant du lever et du coucher, c'est-à-dire ses amplitudes ortive et occase, ou l'azimut à l'instant du lever et du coucher.

La carte polaire I renferme aussi un modèle qui a le même usage; mais comme l'équateur y est le cercle qui forme le cadre même de la planche, les deux extrémités de la courbe ponctuée répondent sur ce cercle (le plus intérieur du cadre) à des graduations supplémentaires. La courbe doit d'ailleurs, en son milieu, coïncider avec le méridien, et toucher le cercle que décrivent autour du pôle les étoiles qui ne se couchent jamais. Le point de contact est à l'opposé du zénith, c'est-à-dire sur le diamètre même qui passe par ce point et qui représente le méridien. La courbe montre la limite de l'horizon quand on est tourné du côté du nord.

Par exemple, le 22 août 1836, à $9^h\,25'$ du soir, le Soleil est proche de Régulus (p. 298), à $151°\frac{1}{2}$ d'ascension droite: c'est ce point qui passe à midi au méridien: mais à $9^h 25'$ le cercle horaire qui se confond avec le méridien a $292°45'$, c'est-à-dire que l'heure sidérale est $19^h 31'$. Altaïr passe au méridien. Comptons $90°$ à droite et à gauche; nous avons $202°45'$ et $382°45'$ (ou plutôt $22°45'$, en ôtant $360°$); posons le modèle sur la carte de manière à faire répondre ses extrémités sur l'équateur aux points qui ont $202°\,45'$ et $22°\,45'$ d'ascension droite (vers ζ de la Vierge et α des Poissons, cette dernière du côté gauche), le point inférieur de la courbe sur $292°45'$. Nous trouvons, en allant du sud vers l'occident, que l'horizon passe au-dessous du Sagittaire et d'Antarès, entre les deux bassins de la Balance (un peu au-dessus de α, où il coupe l'écliptique), à ζ de la Vierge, où il rencontre l'équateur, entre ι et δ de la Vierge, enfin au-dessus du Lion. En allant du sud à l'orient, Fomalhaut

se lève, ainsi que α des Poissons et des Pléiades. En se tournant au nord, la Chèvre et β du Cocher, sont un peu au-dessus de l'horizon, ainsi que le Bélier. Le petit Lion et la chevelure de Bérénice se couchent.

Il convient, pour comprendre ces détails, de suivre la description sur les cartes mêmes, à l'aide du modèle.

229. *Trouver, à un instant donné, les points de l'écliptique qui sont dans le méridien et dans l'horizon, le lieu du pôle de l'écliptique et le nonagésime.*

La superstition qui persuada que les événements sont liés aux phénomènes célestes et ramenés périodiquement avec eux, fit croire que le point de l'écliptique qui se lève lors de la naissance d'un enfant devait présager sa destinée future. Cette erreur rendit célèbre ce point, qu'on nomma l'*Horoscope;* on étudia aussi le lieu du Soleil dans l'écliptique, le point où ce cercle coupe le méridien, etc. L'Astrologie judiciaire crut y voir autant d'indices d'un avenir certain.

Le célèbre Tycho-Brahé avait la foi la plus aveugle dans ces chimères, et ses œuvres sont un monument déplorable des travers d'esprit dont les plus grands hommes ne sont pas exempts. On n'est plus surpris que ce savant ait rejeté le mouvement de la Terre, lorsqu'on sait qu'il fut le jouet des plus bizarres superstitions et qu'il était opiniâtre dans ses sentiments. Son ami Képler, le plus grand des astronomes, fit aussi des almanachs à prédictions, mais du moins il n'y ajoutait pas foi, et déplorait le malheur de se voir réduit à la nécessité de sacrifier à ce goût de son siècle, pour conserver l'emploi qui le faisait subsister. « Catherine de Médicis, livrée à cette erreur, avait fait bâtir la » colonne de l'hôtel de Soissons pour y consulter les astres; » car les méchants surtout désirent de connaître l'avenir, et les » reproches de leur conscience sont une certaine astrologie » contre laquelle ils ont besoin d'être rassurés. La mort de » Henri IV fut prédite de toutes parts, soit avant, soit après » ce malheureux évènement. D. Cassini fut donné à l'Astronomie par le goût même de l'Astrologie. » (BAILLY, *Disc. prél.*)

Regrettons le temps que les savants ont perdu dans ces vaines recherches, où ils trompaient l'Europe en se trompant eux-mêmes.

Les cartes donnent aisément la solution de ces problèmes. Le cercle horaire qui coïncide avec le méridien est connu (n° 249), et par conséquent le point où la courbe de l'écliptique est coupée par la perpendiculaire à l'équateur qui représente ce cercle. C'est le point de cette courbe qui est actuellement au méridien.

Placez dans la carte III le modèle, comme il vient d'être dit, pour trouver les astres qui bordent l'horizon; vous verrez que l'écliptique est coupée en deux points, l'un situé dans la carte polaire, le second dans les autres. Celui de ces points qui est à l'occident se couche, l'autre se lève : celui-ci est l'horoscope. Le milieu entre ces points est le *Nonagésime* : c'est ainsi qu'on l'appelle. La carte IV le fait aisément connaître, en marquant sur la droite longitudinale qui représente l'écliptique les deux points qui sont à l'horizon, en prenant le milieu. On a d'ailleurs aussi l'ascension droite et la déclinaison du zénith, et celles du pôle de l'écliptique.

250. *Trouver l'heure du lever et du coucher du Soleil, son amplitude, la durée du jour, sa hauteur à une heure donnée, son azimut, la longueur de l'ombre, etc.; les levers cosmique, achronique et héliaque d'une étoile, pour un pays quelconque.*

Puisqu'on sait trouver le lieu du Soleil dans l'écliptique, et par suite sa déclinaison et son ascension droite, on fera pour cet astre toutes les opérations que nous avons indiquées pour les étoiles. En plaçant le modèle de l'horizon sur la carte III, de manière que ses limites soient sur la droite qui représente l'équateur, et faisant passer la courbe de l'horizon par le point où est actuellement le Soleil, le milieu de la courbe donnera le cercle horaire qui coïncide avec le méridien; d'où la distance de l'astre à ce cercle, et par conséquent l'heure de son lever ou de son coucher, suivant que l'astre est à gauche ou à droite de ce méridien : de là aussi la durée du jour. L'analemme n° 245

(fig. 45) fait connaître l'azimut et la hauteur à une heure donnée, et par suite la direction et la longueur des ombres.

Quant aux levers héliaque, cosmique et achronique, rien n'est plus facile que de les obtenir.

Après avoir placé le modèle de l'horizon sur la carte, de manière que la courbe affleure du côté oriental une étoile désignée, en parcourant des yeux toutes les étoiles qui sont placées le long de cette courbe, on voit à gauche celles qui se lèvent en même temps qu'elle, ou qui ont leur lever cosmique le jour où le Soleil est sur le point où l'écliptique coupe cette courbe, et à droite celles qui se couchent au Soleil levant, ou qui sont dans leur coucher cosmique. On a donc les astres qui se lèvent et se couchent le matin. En plaçant, au contraire, l'étoile désignée du côté droit de la courbe de l'horizon, on voit à gauche les étoiles qui se lèvent et à droite celles qui se couchent le soir, c'est-à-dire le lever et le coucher achroniques, le jour où le Soleil occupe le point où la courbe de l'horizon coupe l'écliptique, point de section qu'il faut cette fois prendre du côté occidental. La date de ce jour est marquée au haut de la carte par le méridien de ce lieu du Soleil.

Si l'on place le côté gauche du modèle environ 15° à l'occident du point où se trouve le Soleil à un jour donné, toutes les étoiles primaires et secondaires qu'on voit du même côté oriental de la courbe sont dans leur lever héliaque; et, si l'on place de même le côté droit de la carte 15° à l'orient du point où est le Soleil, on voit, sur cette courbe, les étoiles qui sont dans leur coucher héliaque.

231. *Connaître le lieu des planètes, leurs ascensions droites et déclinaisons, leurs longitudes et latitudes, l'instant de leur passage au méridien, leur lever, leur coucher, etc.*

Au simple aspect, les planètes sont en général semblables aux étoiles, si ce n'est qu'elles n'ont pas de *scintillation* lorsqu'elles sont élevées sur l'horizon : comme ce caractère est assez douteux, voici les moyens de distinguer ces astres.

Nous supposons qu'on ait appris à bien reconnaître les cons-

tellations, et qu'on se soit rendu familiers nos planisphères et les usages qui leur sont propres. Comme les grandes planètes s'éloignent peu de l'écliptique, que d'ailleurs le zodiaque ne contient de primaires qu'Aldébaran, Régulus, l'Épi et Antarès; si, en parcourant l'écliptique, on voit une étoile différente des quatre précédentes, et d'un éclat à peu près aussi vif, on est assuré que c'est Vénus, Mars, Jupiter ou Saturne : il ne peut rester d'indécision qu'entre ces quatre corps. En consultant les planisphères, on n'y trouvera pas cet astre à la place qu'il devrait occuper s'il était une étoile. Sa place change chaque jour, relativement aux étoiles voisines, d'une manière très sensible pour Vénus et Mars. Si l'on tend un fil, et qu'on le dirige de manière que l'astre soit dans l'alignement de deux étoiles quelconques, les jours suivants il sortira de cet alignement.

L'éclat des planètes varie avec leurs distances; les dimensions sous lesquelles nous les apercevons changent donc (*V.* table XI) ; mais, à la vue simple, l'éclat est la seule chose qui frappe, et il est possible de l'employer comme caractère distinctif, ainsi que le lieu de l'astre. Les lunettes, loin de grossir les dimensions des étoiles, les diminuent au contraire, en dépouillant la lumière de ces corps de son irradiation (n° 134).

Mercure est un petit point brillant, semblable à une étoile de 3e ou 4e grandeur, qu'il n'est guère possible de voir sans le secours des lunettes, du moins dans nos climats brumeux, attendu que, ne s'écartant au plus que de 28° du Soleil, qui l'embrase toujours de ses feux, on ne doit le voir qu'à l'horizon près de cet astre, un peu avant le lever, ou un peu après le coucher. Il est en conjonction supérieure avec lui le 15 décembre 1836, et emploie environ 58^j à passer d'une conjonction à l'autre, et 116^j pour revenir à la même.

Vénus oscille, comme Mercure, de part et d'autre du Soleil ; on ne la voit de même qu'après le coucher de cet astre du côté de l'occident, ou avant son lever vers l'orient; mais elle s'en écarte quelquefois de 48°, le quart de la partie visible de l'écliptique. Vénus semble ordinairement plus grande que les étoiles primaires; et lorsqu'elle est dans son éclat, elle les efface

par la blancheur et la vivacité de sa lumière. A partir d'une conjonction supérieure, on voit bientôt le soir Vénus près du couchant s'écarter de plus en plus du Soleil vers l'est, puis s'en rapprocher jusqu'à atteindre de nouveau cet astre; la durée de cette excursion est de 9 mois ½ (292^j), durant lesquels on a vu la planète le soir. Elle cesse alors d'être visible dans sa conjonction inférieure; mais bientôt on la revoit le matin, à l'orient, proche du Soleil, qui va se lever; elle s'en écarte peu à peu vers la droite, atteint la plus grande élongation, revient ensuite au Soleil, et enfin se confond de nouveau avec l'astre; on compte encore 9 mois et demi, ou 292^j, durant lesquels la planète a été visible le matin. (*Voy.* page 169.)

Il suffit donc de savoir que Vénus est en conjonction inférieure le 25 juillet 1836, pour reconnaître si, à une autre époque, elle sera visible le matin, ou le soir. On l'a vue le matin jusqu'au 18 mai 1837, époque de la conjonction supérieure; puis le soir, jusqu'au 4 mars 1838, conjonction inférieure: elle deviendra ensuite visible le matin, jusqu'au 18 décembre suivant, conjonction supérieure changeant ainsi de côté tous les 292^j. La plus grande élongation orientale arrive le 15 mai 1836, et l'occidentale (à la droite du Soleil) le 5 octobre suivant.

On ne peut confondre Vénus avec aucune des planètes suivantes, qui s'écartent du Soleil à toutes les distances angulaires, et ne peuvent être vues près du coucher de cet astre, qu'autant qu'on les aurait vues, dans les mois précédents, durant la nuit entière, dans la constellation précédente, qui semble les emporter avec elle dans sa progression annuelle vers l'ouest (n° 89).

Mars est de 1re ou 2e grandeur; on reconnaît cette planète à sa lumière d'un rouge de feu. Le 2 mai 1836, elle a 0^s de longitude et se trouve près ♈, dans les Poissons, à peu près sur le prolongement de α Andromède à γ Algénib. Mars parcourt, de droite à gauche, environ 14° par mois, ou 6^s 1° par an: ces données permettent donc d'en assigner la place à toute époque. Il suffira de procéder, pour chaque mois écoulé depuis le 2 mai 1836, de 14° de longitude vers l'est, à partir du lieu pris pour point de départ. Après un an, il faut prendre le point opposé

de l'écliptique (6ˢ ou 180° de plus), et en outre procéder de 1° à l'orient : ce sera le nouveau point de départ. On néglige ici les rétrogradations (n° 90), qui sont assez grandes pour Mars, puisqu'elles arrivent à 138° de chaque côté de l'opposition.

Jupiter, la plus grosse de toutes les planètes, malgré son grand éloignement, nous paraît aussi avoir plus d'étendue que ces corps; cependant son éclat est ordinairement moindre que celui de Vénus. Jupiter est très brillant lorsqu'il est en opposition (il passe au méridien vers minuit, et sa marche est rétrograde), sa lumière est vive et scintillante. L'impression qu'il produit sur nos yeux le fait paraître plus grand même que Sirius. Comme Jupiter décrit 2° par mois, le cercle entier du zodiaque en douze ans, il reste chaque année dans la même constellation, qu'il parcourt lentement de droite à gauche; l'année d'après, il se trouve dans celle qui suit du côté oriental, etc. Pour trouver Jupiter à toute époque, il suffit donc de savoir qu'il est, le 1ᵉʳ janvier 1837, à la droite de la constellation du Lion, 5° à l'ouest de Régulus, passant 38′ avant cette étoile au méridien, et ayant 4ˢ 10° de longitude.

Saturne a une lumière pâle, livide et comme plombée; il est de 2ᵉ grandeur. L'anneau qui le ceint le fait quelquefois paraître oblong, quoiqu'à l'œil nu on ne puisse distinguer cet anneau. Cette planète parcourt le zodiaque en 29 ans et demi : elle reste donc 2 ans $\frac{1}{2}$ dans la même constellation, qu'elle décrit lentement de droite à gauche. Le 1ᵉʳ janvier 1837, elle est dans la Balance, tout près de l'étoile ι elle passe au méridien; à peu près en même temps que β; sa longitude est de 7ˢ $\frac{1}{2}$.

Quant à *Uranus*, *Junon*, *Vesta*, *Cérès* et *Pallas*, nous ne nous occuperons pas de ces petites planètes.

Pour avoir la situation des diverses planètes à une époque donnée, on pourra recourir au calcul qui est indiqué n° 91. Au reste, la *Conn. des Tems* donne la longitude et la latitude de chaque planète vue de la Terre : la carte IV pourra donc indiquer la situation précise de ces corps.

L'*Annuaire* peut aussi servir à cette recherche : on y trouve

l'heure du passage des planètes au méridien. Or, chaque jour, on connaît le lieu du Soleil dans l'écliptique, d'où résulte la situation du cercle horaire, qui coïncide avec le méridien à l'instant proposé (n° 219); ainsi, on a le lieu approché de la planète, puisqu'elle s'écarte peu de l'écliptique.

Par exemple, le 25 avril 1836, je vois, dans l'*Annuaire*, que Jupiter est au méridien à 4^h 30′ du soir. Je prends, sur la carte III, le cercle de déclinaison qui répond au 25 avril, et je procède de 4^h 30′ vers la gauche; je vois que Jupiter est dans les Gémeaux, près de l'étoile ι.

Application de l'Astronomie à la Navigation, etc.

232. ***Trouver les étoiles qui répondent aux zéniths des divers points du globe, à un instant donné, et réciproquement.***

Concevons, du centre de la Terre, considéré comme étant le même que celui de la sphère céleste, des lignes dirigées aux étoiles les plus remarquables, telles que la Lyre, Sirius, Aldébaran, etc.: ces droites perceront la surface du globe en des points variables à chaque instant, et qu'il s'agit de déterminer à une époque désignée.

La déclinaison d'une étoile est égale à la latitude géographique des lieux dont elle occupe tour à tour le zénith (n° 17). On trouvera d'abord le cercle horaire qui se confond actuellement avec le méridien (n° 219); la différence des asc. dr. de ce cercle et d'une étoile est la différence des longitudes des pays qui ont actuellement cette étoile à leur méridien : le pays qui, sur ce méridien, a pour latitude la déclinaison de l'étoile, a donc maintenant cet astre à son zénith.

C'est ainsi que, le 22 août 1837, à 9^h 25′ du soir, on trouve que la droite qui va du centre de la Terre à

α Couronne boréale, passe près de Guie en Perse;
Antarès passe dans la mer, au sud de Madagascar;
α d'Ophiucus, en Abyssinie, près Gondar;
La Lyre dans la mer de Calabre;

Digitized by Google

β de la Baleine, dans la mer du Péron;
Sirius, dans la mer du sud, près des îles des Amis;
Régulus, aux îles Mariannes;
Arcturus, au Bengale, etc.

Le problème inverse se résont de même manière.

233. *Déterminer l'arc qui mesure la distance entre deux étoiles, ou deux pays donnés.*

Traçons un cercle ADIB (fig. 46), qui représente le cercle horaire d'une étoile E, P étant le pôle; portons, P vers E et D, les distances données des deux étoiles au pôle P (si les déclin. sont l'une boréale, l'autre australe, l'une des distances polaires sera $> 90°$, et le point E correspondant tombera au-delà de l'équateur AB). Soit DI parallèle à AB; traçons, sur ce diamètre DI, le demi-cercle DFI, pour figurer le cercle diurne décrit par l'étoile D autour du pôle: prenons DF égal à la différence des asc. dr. des deux astres, l'un est en E quand l'autre est en F : il s'agit de trouver l'arc de grand cercle qui va de E en F. Abaissons FG perpendiculaire sur DI, puis GO sur EC; EO est l'arc demandé. En effet, l'arc de grand cercle qui va de E en F, ayant son centre en C, son plan coupe le méridien selon EC : si l'on fait tourner le plan de ce cercle autour de la charnière EC, tous les points de l'arc EF décriront des cercles perpendiculairement à EC, et cet arc se couchant sur EAOB, tandis que le point F se portera sur HO, ce point tombera en O, et EO sera l'arc recouché qui va de E en F.

Les distances suivantes peuvent servir d'échelle pour en évaluer d'autres approximativement, et au premier aspect.

De α à γ de la grande Ourse.	26°
La diagonale de Rigel à l'épaule α d'Orion . . .	19
Les deux épaules d'Orion α ζ.	7
Les deux têtes des Gémeaux.	$4\frac{1}{2}$

Lorsqu'on connaît la longitude et la latitude de deux étoiles, la même construction donne encore leurs distances; seulement, dans la figure 46, AB est l'écliptique, P son pôle, PD et PE les distances des étoiles à ce point, compléments des latitudes.

La même construction donne l'arc qui sépare deux villes dont on a les longitudes et latitudes. Comme chaque degré est évalué à 25 lieues de 2280 toises, en multipliant cet arc par 25, on a en lieues la distance des deux villes, estimée suivant l'arc le plus court. Si l'on veut avoir égard aux déviations causées par les montagnes, les rivières et les divers obstacles qu'on rencontre, on a coutume d'augmenter cette distance d'un cinquième, c'est-à-dire qu'on multiplie par 30 le nombre de degrés de l'arc dont il s'agit. (*Voyez* l'*Annuaire du Bureau des Longitudes.*)

234. *Trouver la latitude d'un pays, ou la hauteur du pôle.* Nous avons déjà donné deux moyens de résoudre cet important problème. Le 1er (n°s 8 et 4) consiste à mesurer les hauteurs de la Polaire, ou de toute autre étoile voisine du pôle, à ses deux passages au méridien : il n'est pas nécessaire que ces mesures soient prises dans une même nuit, attendu que la précession varie très lentement. La moyenne, entre la plus grande et la moindre hauteur, corrigées de la réfraction, ou leur demi-somme, est la latitude cherchée (la demi-différence est la distance polaire).

Le 2e procédé (n° 9) consiste à observer avec soin la distance zénithale Zg ou ZG (fig. 3) d'un astre quelconque g ou G, lorsqu'il se trouve au méridien GAP; Z est le zénith, P le pôle, DD' l'horizon; la déclinaison est l'arc connu GE ou gE, selon que l'astre est au-dessus, ou au-dessous de l'équateur EE'. Or, D'E est la hauteur de l'équateur, complément de ZE, et aussi de la latitude (n° 17); ZE est donc cette latitude $= Zg + g$E, ou $=$ZG$-$GE: ainsi *la latitude est la distance zénithale méridienne, plus la déclinaison, si elle a la même dénomination que le pôle visible, moins la déclinaison dans le cas contraire.*

Ce procédé, qui n'exige la mesure que d'une seule hauteur méridienne, est plus facile que le 1er; c'est celui dont on se sert le plus souvent en mer. Cela suppose que l'astre est entre le zénith Z et l'horizon méridional D'; les circompolaires ont vers le pôle deux passages visibles a et b, $ZP = Za + aP = Zb - bP$; et

comme ZP est le complément de la latitude, et Za celui de la hauteur, on a *latitude = hauteur ± distance polaire*, + quand l'astre est en b entre le pôle et l'horizon, — s'il est en a entre le pôle et le zénith. Quand on observe la Polaire, ou β petite Ourse, on distingue ces deux cas l'un de l'autre, en concevant un arc mené de la Polaire à ε, la 1re à la queue de la grande Ourse : le pôle est sur cet arc, entre ces deux étoiles, très près de la Polaire.

Le Soleil et la Lune se prêtent très bien à ce genre d'observations ; mais on ne doit pas oublier de corriger la hauteur observée de la réfraction, de la parallaxe et du demi-diamètre de l'astre. Les mesures étant prises avec précision, les corrections faites avec soin, en répétant les observations un grand nombre de fois, la moyenne entre les résultats sera très exacte.

235. *Trouver la longitude.*

I. *A l'aide des montres marines.* La perfection qu'on a réussi à donner aux montres permet de compter sur la régularité de celles dont l'échappement et les rouages sont confectionnés avec soin, le balancier à compensation, la suspension bien ordonnée pour soustraire l'instrument aux mouvements brusques, etc. Les montres marines qui ont servi au voyage d'Entrecasteaux, après trois mois de navigation, donnaient la longitude à 15′ de degré près : celles que fait notre habile artiste Breguet sont plus parfaites encore. Voici l'usage qu'on fait de cet instrument.

Avant le départ on règle sa montre sur le temps moyen, à l'aide d'observations astronomiques (n° 223) ; on connaît ainsi le petit nombre de secondes dont elle avance ou retarde chaque jour. En multipliant cette différence par les jours et fractions de jours écoulés depuis celui où il y avait concordance, ajoutant ou retranchant le produit, on a le temps moyen du lieu de départ. Cela fait, si, par exemple, durant la navigation, on veut connaître la longitude d'un point du globe où l'on se trouve, on se procurera l'heure actuelle de ce lieu : la différence entre ces deux heures est la différence des longitudes exprimée en temps.

236. Lorsqu'il s'agit de deux points terrestres peu distants,

comme cela arrive dans la triangulation d'un pays dont on veut former la carte, on fait brûler, durant une nuit sereine et sur un lieu très élevé, de la poudre à canon ; ou bien on allume un grand feu, qu'on cache subitement en interposant quelque corps. Ce phénomène sera vu par deux observateurs placés aux lieux dont il s'agit; chacun est muni d'une pendule réglée avec une grande précision sur le méridien du lieu où il se trouve. Les heures sidérales de l'observation ne seront pas égales, quoique l'instant physique soit le même: la différence de ces heures est celle des longitudes exprimée en temps. On doit répéter l'expérience à diverses reprises, et prendre une moyenne entre les résultats (*).

237. II. *A l'aide du lock et de la boussole.* On se sert en mer d'un moyen imparfait, qui, étant d'un usage facile, rend de grands services à la navigation. Le *Lock* est un petit triangle isocèle fait en bois, de 7 à 8 pouces de hauteur et de base ; celle-ci est lestée en plomb, pour que le lock reste vertical lorsqu'on le jette à la mer, où on le suppose demeurer stationnaire; une corde qui y est attachée se dévide à mesure que le vaisseau marche; des nœuds divisent cette corde en distances égales, et l'on compte combien de ces nœuds s'écoulent en une demi-minute, dont la durée est donnée par un sablier, qu'on nomme *Ampoulette*, ou, plus exactement, par une montre à secondes.

On obtient ainsi la vitesse du navire : le mille marin ayant 950 toises (la lieue marine est de 20 au degré, ou vaut 3', et contient 3 milles; le mille vaut 1'), si on laisse 47 pieds $\frac{1}{2}$ d'intervalle entre les nœuds, ou la 120ᵉ partie d'un mille, autant de nœuds s'écouleront en 30" (120ᵉ d'une heure), autant le vais-

(*) Un feu de 3 pieds de largeur ne paraît, à la vue simple et à la distance de 12 lieues, que comme une étoile tertiaire. Selon M. de Zach, 40 onces de poudre brûlées en plein air peuvent, durant le jour, être aperçues de plus de 7 lieues, et même de 50 à 60 lieues de distance pendant la nuit, bien que les pays où l'observation se fait soient hors de toute portée des instruments d'optique, et même qu'il y ait quelque montagne interposée. La lumière paraît alors comme un éclair répercuté par la voûte céleste.

seau fera de milles par heure, sa vitesse demeurant constante. On a soin de répéter l'épreuve chaque fois que le navire paraît changer de vitesse. La ficelle du lock se déroule du côté de la poupe, et l'on ne commence à compter les nœuds qu'à partir d'une marque faite à la ficelle, en un point où le lock reste stationnaire et indépendant du *sillage*. Du reste, au lieu de 47 pieds $\frac{1}{2}$ d'intervalle entre les nœuds, l'expérience a montré qu'il ne fallait que 45 pieds, parce qu'en effet le lock n'est pas absolument stationnaire.

Il y a un autre élément nécessaire, c'est la direction que suit le navire : elle est donnée par la *boussole* ou *rose de vents*, en ayant égard à la déclinaison de l'aimant (n° 239), qui est constante en chaque lieu. Cet instrument sert à maintenir et à rétablir cette direction ; mais elle ne donne pas directement celle que suit le vaisseau, laquelle en est très différente, à cause de la *Dérive* : on nomme ainsi un effet qui porte le vaisseau dans le sens où le vent souffle, et qui varie avec la qualité de la mer, la force du vent, la quantité de voiles, etc.... Pour connaître la vraie route que suit le navire sur la surface de la mer, on se sert d'une autre boussole, nommée *Compas de variation;* elle est portative et munie de pinnules. En visant la *houache,* trace que le navire laisse au loin derrière lui sur les eaux, on en conclut aisément l'angle formé par cette longue trace et la ligne où l'on gouverne : c'est la dérive.

Une fois connues la direction du vaisseau et sa vitesse, l'officier fait alors *son Point*, c'est-à-dire marque sur une carte marine le point où il se trouve, et c'est dans cette suite d'opérations incertaines que consiste ce qu'il nomme son *Estime;* il prend soin de la rectifier ensuite par des moyens plus exacts que lui fournit l'Astronomie.

236. III. *Par les éclipses du Soleil, de la Lune ou des satellites de Jupiter, et par les occultations d'étoiles.*

Lors d'une éclipse de Lune, supposons que deux astronomes, placés en des lieux différents, et munis chacun d'une bonne pendule, réglée sur les méridiens des lieux où ils se trouvent,

observent avec soin l'instant précis où l'une des taches lunaires disparaît. Cet instant physique est le même pour toute la Terre, et la parallaxe n'y influe en rien ; l'heure seule est différente ; des pendules réglées avec soin sur le méridien du lieu, n'indiqueront pas les mêmes heures : leur différence est celle des méridiens. Une éclipse pouvant durer $3^h\frac{1}{2}$, en opérant de même pour l'immersion et l'émersion des diverses taches de la Lune, on a le temps de faire une centaine d'observations, dont chacune donne une valeur de la longitude ; la moyenne entre les résultats est la valeur qu'on doit conserver.

On peut même calculer d'avance, pour un lieu tel que Paris, l'instant des principales phases d'une éclipse ; en consultant ces prédictions, on en conclut la longitude d'un lieu d'où l'éclipse est observée, sans qu'il soit besoin d'établir de communications avec quelque autre observateur. Le Soleil se prête mieux que la Lune à ce genre d'opération, parce que, dans les éclipses de Lune, les bords de l'ombre terrestre sont mal terminés. Il ne faut pas oublier qu'une erreur de 4' de temps répond à une différence de 1° en longitude.

Comme le Soleil et la Lune sont rarement éclipsés, on se sert de préférence des occultations d'étoiles par la Lune ; et en effet l'heure où ce phénomène arrive peut être calculée par avance, en quelque lieu que soit l'observateur. La comparaison de l'heure observée avec le résultat du calcul, donne la longitude ; mais ici, comme pour le $\odot$, les effets de la parallaxe jouent un rôle important, et il est nécessaire d'en tenir compte. On doit, autant qu'on peut, observer l'immersion et l'émersion, pour diminuer les chances d'erreurs d'observation.

On emploie avec bien plus de facilité les fréquentes éclipses des satellites de Jupiter, qu'on trouve prédites dans la *Connaissance des Tems*, et dont l'événement instantané est indépendant de la parallaxe. Cet ouvrage fait connaître les apparences que présentent ces satellites et les sens où leur mouvement a lieu, afin que, reconnaissant, au rang qu'il occupe, le satellite qui doit s'éclipser, l'astronome y porte toute son attention, et se prépare à l'observation. Il doit se servir d'une lunette d'envi-

Digitized by Google

ron 3 pieds de foyer, qui grossisse le plus possible. Il faut que la planète soit au moins à 8° de hauteur, et le Soleil au moins à 8° sous l'horizon pour qu'on puisse observer l'éclipse.

Tant que Jupiter passe au méridien après minuit, c'est-à-dire avant l'opposition, l'ombre de la planète est du côté droit; après l'opposition, elle est du côté gauche. Le satellite, avant l'éclipse, se meut toujours selon les signes, comme toutes les planètes dans leurs conjonctions supérieures (de droite à gauche). Dans une lunette qui renverse les objets, ces apparences sont contraires. La planète nous cache son ombre à l'opposition, et les éclipses ne peuvent être aperçues, non plus que dans les jours voisins, parce qu'on ne donne pas ce nom à l'occultation du satellite derrière le globe de Jupiter, mais à sa disparition dans l'ombre projetée. La grande proximité des disques d'ombre que traverse le satellite explique pourquoi, avant l'opposition, on ne peut voir que les immersions du 1er satellite, et les émersions, après l'opposition. Il faut en dire autant du 2e satellite (excepté, dans des cas très rares, quand Jupiter est en quadrature). Les éclipses du 3e et du 4e satellites sont moins fréquentes; on en peut voir l'immersion et l'émersion, lesquelles ont lieu d'un même côté de la planète.

Lors de l'immersion, on voit peu à peu la lumière du corps s'affaiblir, puis disparaître; le moment de l'émersion est plus douteux ; ce n'est d'abord qu'une lueur dont l'éclat croit ensuite peu à peu. Pour un lieu donné, l'instant de l'éclipse s'obtient en ajoutant à l'heure marquée dans la *Connaissance des Tems* (ou en en retranchant) la différence des méridiens réduite en temps. Cette différence est connue avec une approximation quelconque, ce qui suffit pour se préparer à l'observation. On tient note du temps précis où le phénomène arrive, et la différence des temps est celle des méridiens. Des observations plusieurs fois répétées, donnent enfin la longitude demandée.

Au reste, ce procédé est incertain, parce que l'instant où l'on voit le phénomène dépend de la force de la lunette, de celle de la vue, de la sérénité du ciel, etc. Il est bon de ne pas s'en fier aux prédictions, et de faire des observations simultanées de l'é-

clipse dans les lieux dont on demande la différence des méridiens.

239. *Trouver la déclinaison ou variation de l'aimant.*

La boussole est munie de pinnules, ou d'une lunette, dont l'axe est parallèle au diamètre du cercle gradué de l'instrument. Les degrés y procèdent de o à 360° en faisant le tour entier, ou de o à 180° de chaque côté du diamètre, ou enfin en quatre quarts de 90° chacun, en partant du nord et du midi. Le *Compas azimuthal ou de route* dont se servent les marins est dans ce dernier cas.

L'azimut qu'indique la boussole est l'arc compris depuis le diamètre parallèle à l'axe optique, jusqu'à l'un des bouts de l'aiguille que l'on convient de préférer. On a coutume de *bleuir au feu le pôle de l'aiguille qui se dirige vers le nord* pour le faire reconnaître. Cet azimut doit être corrigé de la déclinaison de l'aimant, angle un peu variable avec les temps dans un lieu donné, mais qui change beaucoup avec les lieux, et qu'il importe surtout aux marins de vérifier souvent, parce que la boussole est leur guide ordinaire.

En faisant tomber à midi précis l'ombre d'un fil-à-plomb suivant un diamètre quelconque de la boussole, la variation est l'arc compris entre cette ombre et le bout de l'aiguille. Si la méridienne du lieu est connue, il suffira de diriger la lunette sur une mire située dans cet alignement : l'aiguille ira se fixer sur un point du limbe qui donnera la déclinaison. On peut encore observer une étoile à son passage méridien qu'on aura calculé d'avance, et qui sera déterminé par une bonne montre. En dirigeant la lunette vers un astre à une heure quelconque bien connue, et calculant son azimut au même moment, la différence entre cet arc et celui qu'indique l'aiguille de la boussole, est la déclinaison cherchée.

240. Si l'on n'a pas de moyen d'avoir l'heure précise, on observera le bord du Soleil lorsqu'il est à la même hauteur le matin et le soir ; le milieu entre les deux directions étant la méridienne, la moyenne entre les azimuts indiqués par la boussole, ou leur demi-somme, donne la graduation sur laquelle se

porte le même bout de l'aiguille, quand l'axe optique est dans le méridien, et par suite la déclinaison de l'aimant. Remarquez que si l'aiguille a dépassé le zéro de la circonférence, en procédant de la 1[re] observation à la 2[e], on doit continuer à compter les degrés dans le même sens : par exemple, lire 370° au lieu de 10°, 380° au lieu de 20°...

On peut encore viser une étoile à l'instant où elle se trouve dans la même verticale avec une autre qui a la même asc. dr., parce qu'elles sont alors toutes deux au méridien. Les étoiles indiquées p. 296 serviront à cette opération; et même, comme une différence de quelques minutes est de peu d'importance pour l'objet qu'on a en vue, outre ces étoiles, on peut encore employer *ζ Orion avec α Colombe*, ou *Procyon avec Pollux*, ou *Fomalhaut avec δ Verseau*, *α Ophiuchus* et *ξ Serpent*, *α* et *β Pégase*, ou etc.

Comme l'axe optique ne décrit pas rigoureusement un plan vertical, les erreurs sont d'autant plus fortes que l'astre est plus élevé. Il faut donc l'observer près de l'horizon, et au plus à 15° de hauteur. Les marins préfèrent se diriger sur le Soleil à son lever et à son coucher; ils ont des tables qui donnent de suite l'azimut de cet astre à cet instant pour toutes les latitudes.

Dans tous ces procédés, la variation qu'on obtient est affectée de l'erreur de parallélisme du diamètre zéro avec l'axe optique; mais en plaçant la lunette d'abord à droite, puis à gauche, et pointant deux fois vers un objet éloigné, l'aiguille indique alors deux graduations, dont la demi-différence est l'erreur constante de l'instrument dans toutes les observations. Il est superflu de dire que lorsqu'on fait plusieurs pointés à la boussole, il faut que la lunette soit toujours placée du même côté, soit à droite, soit à gauche de l'observateur, et lire les indications du même pôle de l'aiguille. (*Voyez* mon *Astronomie pratique*.)

241. *Des relèvements.* Lorsqu'on fait la carte d'un pays, on en joint les points les plus remarquables par des droites qui forment un réseau de triangles. L'un des côtés pris pour *base* est mesuré avec le plus grand soin : on observe les divers angles de

tous ces triangles, et l'on en conclut les longueurs de tous les côtés. Il convient ensuite d'orienter ce réseau, c'est-à-dire de diriger convenablement chaque côté relativement à la méridienne. La mesure des azimuts de ces côtés est un des points les plus importants de la Géodésie. Qu'on imagine un signal placé au loin dans la méridienne; l'angle formé par la direction de chaque côté de triangle avec la ligne qui va au signal est l'azimut demandé. Ce procédé très simple exige que le pays soit découvert; dans le cas contraire, on doit recourir à la boussole, ou plus exactement, aux calculs astronomiques. (*V.* ma *Géodésie.*)

La boussole ne sert guère à faire les relèvements que lorsqu'on est en mer, ou quand les observations astronomiques ne sont pas possibles. Un observateur mesure les distances angulaires des divers points d'une côte à l'un d'eux, qui est dans la direction que suit le vaisseau, ou du moins qui est assez éloigné pour paraître sensiblement en repos. On dirige en même temps les pinnules de la boussole vers ce dernier point, et l'aiguille en détermine l'azimut. Les azimuts des autres lignes observées s'ensuivent aisément, parce que la déclinaison de l'aiguille est censée connue. On peut réciproquement déduire cette déclinaison du relèvement d'un point, lorsqu'il a été fait avec précision par les procédés astronomiques.

Des Systèmes astronomiques.

242. De tous temps les hommes ont voulu donner des raisons bien ou mal fondées, pour expliquer les faits dont ils étaient témoins, et indiquer les causes des phénomènes qui se passaient devant eux. Avides de connaître les lois de la nature et se lançant dans le vaste champ des conjectures, ils exerçaient plus l'activité de leur imagination à composer des systèmes sans réalité, qu'à observer et étudier les faits, pour les constater et les lier ensemble. C'est même une chose vraiment surprenante que de voir avec quelle facilité ils prétendaient deviner ces lois par la seule puissance de l'invention, sans chercher à les déduire de la connaissance préalable des phénomènes,

sans s'attacher à examiner si les explications qu'ils donnaient étaient d'accord avec l'existence de ces faits.

De toutes les sciences, l'astronomie est celle qui a le plus excité les esprits et produit le plus d'erreurs, parce qu'on se refusait à observer les événements célestes avant d'essayer de les interpréter. Les opinions qui ont été successivement émises et adoptées était tellement en contradiction avec ce qu'on avait remarqué, que les plus simples observations suffisaient pour renverser les explications. Mais on aurait cru étouffer le génie, si on l'eût contraint à se renfermer dans les limites de la vérité. Les systèmes astronomiques ainsi conçus ne mériteraient pas de nous arrêter, si la longue célébrité dont ils ont joui, ne nous forçait d'en montrer la fausseté, ne fût-ce que pour donner plus d'autorité et de certitude aux lois que nous avons reconnues.

La première erreur était aussi la plus naturelle, car tout portait à croire la Terre immobile dans l'espace, et les astres en mouvement autour d'elle; à penser que toutes les œuvres de la création n'avaient été faites que par l'homme. On a donc d'abord adopté le système qui est attribué à Ptolémée, parce que cet astronome l'a adopté dans son *Almageste*, ouvrage qui est un des plus beaux monuments que nous ait laissés l'antiquité. Mais ce système était reçu bien des siècles avant lui, par Ératosthènes, Hipparque, Calipe, Méthon et les savants les plus illustres de la Grèce.

Selon cette ancienne croyance, la Terre, qu'on avait long-temps cru plane, mais dont la sphéricité avait enfin été reconnue, occupait immobile un lieu fixe de l'espace; tandis que le ciel, semblable à une sphère solide, tournait autour de nous en 24 heures, transportant toutes les étoiles d'un mouvement commun. Il est vrai qu'ayant observé la marche propre du Soleil, de la Lune et des planètes, on s'était vu forcé de regarder ces corps comme indépendants de la voûte étoilée, ou du moins comme conservant la faculté de se mouvoir chaque jour de quelques pas sur cette sphère qui les entraînait aussi dans sa rotation diurne.

On comptait sept planètes dont chacune était transportée

dans son orbite propre avec des vitesses différentes, et les diamètres de ces orbites croissaient dans l'ordre suivant (*voyez* la *fig.* 56).

La Lune, Mercure, Vénus, le Soleil, Mars, Jupiter, Saturne.

L'idée de perfection qu'on attribuait d'une part aux créations de la nature, et de l'autre à la forme circulaire, ne permettait pas de douter que les orbites ne fussent des circonférences de cercle, dont la Terre occupait le centre commun. Tel était le *système de Ptolémée*, qui ne peut résister au plus léger examen; et il est difficile de comprendre comment Hipparque, dont les travaux astronomiques sont si remarquables, ait pu se soumettre à adopter une ordonnance aussi manifestement fausse.

En effet, comment expliquer, par ce système, les changements de distance des planètes à la Terre, et surtout celle de Vénus et de Mercure qui passaient en-deçà et au-delà du Soleil, ne paraissant faire que d'assez courtes excursions à droite et à gauche de cet astre; tandis que Mars, Jupiter et Saturne s'en écartaient à toutes les distances angulaires, et même jusqu'à s montrer en opposition avec lui. Les anciens n'avaient aucun moyen de mesurer les diamètres apparents des planètes, et les notions qu'ils possédaient sur leurs distances à la Terre et leurs dimensions absolues, étaient trop obscures pour les éclairer sur les mouvements réels de ces corps. Cependant, ce défaut d'instruction n'excuse pas leur erreur, parce qu'ils avaient assez d'éléments pour la reconnaître.

Ptolémée expliquait les inégalités de distances en ne plaçant pas la Terre aux centres des orbites; et quant aux stations et rétrogradations, il en trouvait la cause dans la théorie des *épicycles*. Il supposait que chaque planète décrivait un petit cercle autour d'un centre qui était lui-même mobile et emporté dans l'espace, de manière à décrire un cercle autour de la Terre. La Terre étant fixée au centre T (*fig.* 51) de l'orbite AB, ca planète parcourait le cercle PDP'C, pendant que ce cercle décrivait le cercle AB: on voit en effet que la marche de la planète

était directe ou rétrograde, selon que ce corps était sur l'une ou l'autre des parties opposées P' et P du petit cercle : en C et D, il y avait deux stations, parce que le mouvement était dirigé dans le sens des tangentes TC, TD à ce cercle.

Mais ce qui devait faire rejeter ce système, c'est qu'il ne donnait qu'une explication grossière du phénomène, et se prêtait mal à en mesurer l'étendue : le calcul ne rendait plus la raison exacte des faits. D'ailleurs comment concevoir la cause qui devait forcer la planète à tourner autour du centre immatériel O, et celle qui emportait ce centre autour de la Terre? Les planètes supérieures pouvaient aussi décrire des épicycles; mais il fallait que les stations et rétrogradations n'eussent lieu que quand l'astre était proche de l'opposition, ce qui supposait des relations spéciales entre les diamètres des cercles, dont on ne voyait pas la cause possible; et pour que le calcul pût s'accorder avec les faits observés, il fallait admettre que l'épicycle était produit par trois ou quatre circonférences : le cercle décrit par la planète avait un centre qui décrivait un second cercle, lequel avait aussi son centre qui parcourait un troisième cercle, et ainsi de suite, jusqu'à celui qui tournait autour de la Terre. Quelle étrange complication de mouvements, et le tout pour conserver des orbites circulaires!

Le système des Égyptiens (fig. 57) décrit par Vitruve, supposait aussi la Terre immobile dans l'espace; mais les orbes de Mercure et de Vénus étaient parcourus autour du Soleil qui les emportait avec lui dans son mouvement annuel. Ce système, qui n'expliquait que la marche de ces deux planètes, avait du moins l'avantage de représenter les choses telles que nous les voyons, sauf l'orbite qu'il fallait supposer elliptique, et non pas circulaire. Quant aux planètes supérieures, rien n'était changé à l'hypothèse de Ptolémée.

Le véritable système du monde (fig. 26) tel que nous l'avons exposé, exige que la Terre tourne sur son axe en 24 heures, et soit emportée en un an autour du Soleil. Plus de sept siècles avant Ptolémée, cette doctrine avait été professée par Pythagore, qui l'avait reçue des prêtres égyptiens. Les idées reli-

gieuses qui dominaient alors en Grèce, et qui furent depuis la cause des persécutions que subirent Anaxagore, Socrate, et d'autres philosophes, déterminèrent Pythagore à quitter sa patrie, et à réunir ses élèves en Italie. Ce n'est qu'après sa mort que ses disciples Philolaüs, Aristarque de Samos, professèrent l'opinion du mouvement de la Terre, qui a certainement eu son origine en Égypte. Les systèmes compliqués qui lui ont été substitués n'avaient pas les caractères de la vérité, et régnèrent cependant quatorze siècles dans les écoles : ce qui faisait dire à Alfonse, roi de Castille, *si Dieu m'avait appelé à son conseil, les choses eussent été dans un meilleur ordre*. Cet habile astronome comprenait l'absurdité du système de Ptolémée sans pouvoir imaginer l'ordonnance véritable des cieux.

Enfin, après 36 ans d'observations et de méditations, Copernic publia son système : il ne put jouir de sa gloire, et échappa aux persécutions en quittant la vie à 71 ans, après avoir reçu le premier exemplaire de son ouvrage, où il rendait la Terre mobile, et n'en faisait qu'une petite planète tournant autour du Soleil. Pour ne pas compromettre son repos, il avait eu la prudence de ne présenter ses idées que comme une hypothèse qui rendait mieux raison des faits observés que toutes les suppositions admises.

Mille attaques furent dirigées contre le système de Copernic. Quand on lit aujourd'hui les ouvrages de Riccioli, et qu'on étudie le procès intenté par l'Inquisition contre Galilée, on a peine à croire qu'on ait pu se jouer de la raison, avec autant de sottise et d'animosité. Des 77 arguments de Riccioli contre le mouvement de la Terre, il en réfute lui-même 49 : et l'ensemble de ses objections ne renferme qu'une même idée diversement présentée, sans aucune valeur réelle; et pourtant ces arguments contribuèrent à faire condamner Galilée. Quel spectacle plus affligeant pour l'humanité que celui d'un vieillard illustre, qui, pour abréger les rigueurs d'une longue captivité, est forcé de protester contre une vérité dont il est convaincu, et qu'il a employé toute sa vie à connaître. On lui fit signer cette formule d'abjuration : *Moi, Galilée, à la soixante-dixième*

année de mon âge, constitué personnellement en justice, étant à genoux, et ayant devant les yeux les Saints-Évangiles que je touche de mes propres mains, d'un cœur et d'une foi sincères, j'abjure, je maudis, je déteste l'erreur, l'hérésie du mouvement de la Terre, etc. Et pourtant elle se meut (*e pur si move*) dit-il, en se relevant et frappant la terre du pied! Aujourd'hui que ces excès sont généralement blâmés, et que Rome ne combat plus le système de Copernic, il serait bien temps de reprendre cet étrange procès, et de montrer au public éclairé, la cause des erreurs qui ont été commises par les juges, et de prouver que le mouvement de la Terre n'est point en contradiction avec les Livres Saints.

Au reste, tous les astronomes n'adoptèrent pas d'abord les idées de Copernic, que nous avons développées avec leurs preuves, dans notre ouvrage, parce que les plus concluantes de ces preuves, tirées de la nutation, de l'aberration et de la précession, n'étaient pas alors connues comme elles le sont aujourd'hui. Le célèbre Tycho-Brahé se refusa toujours à croire au mouvement de la Terre; mais comme son esprit judicieux ne pouvait adopter les *épicycles*, tels qu'on les présentait, il chercha à composer un système qui pût s'accorder avec les faits observés, et même se prêter à l'application du calcul. Comme les mouvements de Vénus et de Mercure ne s'y prêtaient que dans le système égyptien, il y soumit aussi les autres planètes.

Ainsi, selon Tycho-Brahé, la Terre est fixe dans l'espace (*v.* fig. 58); la Lune tourne autour de la Terre, puis le Soleil accomplit son orbite en une année; mais cet astre emporte avec lui les orbites des autres planètes, lesquelles tournent autour de lui, en décrivant des cercles. Cette disposition satisfait parfaitement aux conditions du problème, du moins lorsqu'on substitue des ellipses aux orbites circulaires; car tout s'y passe, dans les apparences, comme dans l'état réel des choses. Mais il resterait à expliquer la nutation, l'aberration et la précession, ce qui est tout-à-fait impossible; et les preuves tirées de la loi de l'attraction des corps célestes, subsistent dans toute leur étendue.

Dans ces différents systèmes, tout est un résultat d'imagination, rien n'y est démontré, et celui de Copernic est le seul qui, lorsqu'on y admet des orbites elliptiques, puisse concorder avec les phénomènes; c'est le véritable système de la nature. Képler, dont le génie a su en découvrir les lois, a produit les preuves incontestables de la composition de l'Univers.

Mais à quelle propriété de la matière, à quelle cause sont dus ces mouvements si réguliers, si unanimes, si majestueux, malgré les petites inégalités qu'on y remarque, et qui sont une des preuves les plus évidentes des lois qui les produisent? Il appartenait à l'illustre Newton de la découvrir. Nous ne parlerons pas des idées plus ingénieuses que fondées par lesquelles Descartes rendait raison des mouvements célestes. Cette vapeur éthérée qui remplissait l'espace, suivant ce célèbre philosophe, et qui en tourbillonnant sans cesse forçait les planètes à se mouvoir, est le roman de la nature. Descartes imagina ces *tourbillons de matière subtile*, au centre desquels il plaça le Soleil et les planètes. Les tourbillons des planètes entraînaient les satellites; et le tourbillon du Soleil emportait les planètes, les satellites, et leurs tourbillons propres. Les mouvements des comètes dirigés dans tous les sens, ont fait disparaître ces tourbillons divers, comme ils avaient anéanti les cieux solides et tout l'appareil des cercles de Ptolémée. Fruit d'une imagination égarée, ce système a bientôt été abandonné, quand on a pu connaître celui de Newton, qui a pris soin d'en démontrer tous les éléments. On trouvera une exposition fidèle des tourbillons de Descartes dans les *Mondes* de Fontenelle.

On rapporte qu'un jour Newton étant assis sous un pommier la chute d'un fruit fut pour lui un trait de lumière qui lui révéla l'attraction. Mais ce récit, qu'on trouve dans tous les ouvrages, est certainement une fable. Ne semble-t-il pas que sans le hasard qui a rendu Newton témoin d'un fait si commun, cette doctrine serait restée inconnue? Ce qui prouve la fausseté de cette tradition, c'est que Képler, long-temps avant, avait formellement attribué les mouvements célestes et même ceux des eaux de la mer à l'attraction, et que Newton connaissait très

bien les écrits de cet illustre astronome. Ainsi l'idée primitive est due au génie de Képler.

Nous ne prétendons pas enlever à Newton la gloire d'avoir découvert la théorie de l'attraction : elle lui appartient pleine et entière. De la part de Képler, il n'y eut qu'une assertion sans preuves, sans application spéciale. Celui-là est le véritable auteur d'une découverte dans les sciences, qui, loin de se borner à l'énoncer vaguement, la démontre, en fait comprendre la fécondité et l'usage. On ne voit dans l'assertion de Képler qu'une idée qui, comme tant d'autres de même nature, pouvait être complétement fausse, n'étant appuyée sur aucune preuve, et n'avoir aucune portée. Newton a démontré que la matière exerce une force attractive, il a donné l'intensité de cette force, et a prouvé qu'elle produit tous les mouvements célestes; ou plutôt que cette puissance étant une propriété inhérente à la matière, est la cause de tous les phénomènes que le ciel nous présente.

Qu'on trouve dans quelque ancien auteur que la vapeur d'eau engendre une force d'expansion, dira-t-on que cet auteur a inventé les machines à vapeur? C'est Papin, c'est Watt, qui en sont les véritables inventeurs; l'un, qui a montré l'emploi de cette force; l'autre, qui en a réglé l'usage et fait une application usuelle. Pour suivre notre comparaison, Newton est à lui seul le Papin et le Watt de l'attraction, puisqu'il n'a presque rien laissé à faire sur cette doctrine à ses successeurs.

Mais l'attraction ne suffit à l'explication des mouvements planétaires, qu'en admettant, pour chaque corps, une impulsion spéciale; et s'il est aussi certain que possible, que les mouvements de toutes les planètes et de leurs satellites sont dus à une cause unique (n° 92) combinée avec l'attraction, il resterait encore à assigner quelle est cette cause.

Buffon est le premier qui ait cherché la cause primitive des mouvements des planètes : il suppose qu'une comète de masse considérable, a rencontré les bords du Soleil, et que par son choc animé d'une extrême vitesse, elle en a enlevé des portions de matière; que ces émanations liquides et incandescentes

se sont refroidies et ont formé les planètes, chacune obéissant, dans sa course, à la force d'impulsion qui l'a détachée du Soleil.

Cette hypothèse explique bien pourquoi les mouvements des planètes sont tous dirigés dans le même sens et s'écartent peu d'un plan commun; mais outre que cette comète devrait sans cesse être ramenée, à chaque révolution, sur le Soleil, ce qui ne paraît guère vraisemblable; l'hypothèse ne peut expliquer la marche des satellites, le peu d'excentricité des orbes des planètes et de leurs satellites, la grande excentricité des orbes des comètes sous des inclinaisons très différentes, enfin la rotation de toutes les planètes et de leurs satellites dans le même sens. L'opinion ingénieuse qu'a émise Laplace satisfait à toutes ces conditions. Voici quelle est son hypothèse.

« La considération des mouvements planétaires nous conduit à penser qu'en vertu d'une chaleur excessive, l'atmosphère du Soleil s'est primitivement étendue au-delà des orbes de toutes les planètes, et qu'elle s'est resserrée successivement jusqu'à ses limites actuelles : ce qui peut avoir lieu par des causes semblables à celle qui fit briller du plus vif éclat, pendant plusieurs mois, la fameuse étoile que l'on vit tout à coup en 1572, dans la constellation de Cassiopée.

» La grande excentricité des orbes des comètes conduit au même résultat. Elle indique évidemment la disparition d'un grand nombre d'orbes moins excentriques; ce qui suppose autour du Soleil une atmosphère qui s'est étendue au-delà du périhélie des comètes observables, et qui, en détruisant les mouvements de celles qui l'ont traversée pendant la durée de sa grande étendue, les a réunies au Soleil. Alors, on voit qu'il ne doit exister présentement que les comètes qui étaient au-delà dans cet intervalle; et comme nous ne pouvons observer que celles qui approchent assez près du Soleil, dans leur périhélie, leurs orbes doivent être fort excentriques. Mais en même temps, on voit que leurs inclinaisons doivent offrir les mêmes irrégularités que si ces corps ont été lancés au hasard, puisque l'atmosphère solaire n'a point influé sur leurs mouve-

ments. Ainsi la longue durée des révolutions des comètes, la grande excentricité de leurs orbes, et la variété de leurs inclinaisons, s'expliquent très naturellement au moyen de cette atmosphère.

» Mais comment a-t-elle déterminé les mouvements de révolution et de rotation des planètes? Si ces corps avaient pénétré dans ce fluide, sa résistance les aurait fait tomber sur le Soleil. On peut donc conjecturer qu'ils ont été formés aux limites successives de cette atmosphère, par la condensation des zones qu'elle a dû abandonner dans le plan de son équateur, en se refroidissant et se condensant à la surface de cet astre. On peut conjecturer encore que les satellites ont été formés d'une manière semblable, par les atmosphères des planètes. Tous les phénomènes découlent naturellement de ces hypothèses, auxquelles les anneaux de Saturne ajoutent un nouveau degré de vraisemblance. »

Usages de l'Astronomie pour vérifier les dates historiques.

243. Rien n'est plus facile que de déterminer les époques du retour des phénomènes, lorsqu'ils sont soumis à une durée périodique bien connue. En remontant dans les temps anciens, si l'on trouve le récit de quelqu'un de ces phénomènes, on peut donc fixer la date de ce fait, et confirmer ou détruire les témoignages historiques qui s'y rapportent. Nous en donnerons plusieurs exemples.

I. Hésiode habitait la Béotie; de son temps, il rapporte que l'étoile Arcturus se levait 60 jours après le solstice d'hiver; c'est du lever héliaque qu'il s'agit ici. Comme on ignore à quelle époque ce poète a vécu, ce simple renseignement peut nous l'apprendre; car en calculant l'époque à laquelle le phénomène a dû arriver dans le pays habité par Hésiode, on trouve l'an — 950 à peu près. Cette date ne diffère guère de celles qu'indiquent Plutarque, Hérodote, et la *Chronique de Paros*, sur

les marbres d'Arundel. Ainsi Hésiode aurait été contemporain d'Homère, ou ne l'aurait guère précédé. Cette conséquence s'accorde très bien avec celle qu'on tire de l'examen du style des deux poètes dont la diction a une conformité remarquable.

II. Au rapport d'Hipparque, Eudoxe affirme que, de son temps, le pôle était occupé par une étoile : il ne peut être question de notre Polaire, qui alors en était fort éloignée. Le cercle dont le centre est au pôle de l'écliptique, et qui passe par celui de l'équateur, indique à peu près les divers points de la sphère céleste (*v.* pl. I et II), qui tour à tour, occupent ce dernier pôle, lorsque le mouvement de précession porte lentement les étoiles vers l'orient (nº 106). Sur ce cercle, $\varkappa$ du Dragon peut seule avoir fourni l'observation dont il s'agit, attendu qu'elle est remarquable à la vue simple. La longitude de cette étoile est, en 1829, de 133°50′14″; sa latitude de 61°45′6″ : pour qu'elle occupe le pôle, ou que sa longitude soit de 90°, il faut que son cercle de latitude passe par le solstice d'été; la différence entre ces deux longitudes est de 43°,8372; c'est le mouvement dû à la précession. Mais (nº 106), à raison de 1°,39 par siècle, cet arc n'est produit qu'en 3164 ans; et comme on sait d'ailleurs qu'Eudoxe vivait il y a 2150 ans, on voit que ce savant a décrit une sphère antérieure de mille ans, et dans laquelle le solstice était au milieu du Cancer. (*Voy.* p. 373.)

On suppose que cette sphère est celle que Chiron a donnée vers le temps du siége de Troie. On pourrait aussi croire que les Égyptiens, ayant depuis long-temps négligé les observations du ciel, avaient conservé la tradition d'une sphère ancienne, qu'Eudoxe leur a empruntée. Au reste, ce qui confirme notre calcul, c'est que l'obliquité de l'écliptique était alors 23°54′35″; quand la longitude est de 90°, le cercle de latitude est aussi cercle de déclinaison : ajoutant donc la latitude 61°45′6″, qui reste constante, on a 85°45′ pour la déclinaison de $\varkappa$ du Dragon, il y a 3154 ans; ainsi cette étoile n'était qu'à 4° 15′ du pôle, distance peu sensible surtout pour des observateurs qui n'avaient pas d'instruments bien parfaits.

Columelle indique dans son Calendrier, construit pour les

Romains, le lever de la grande Ourse, et le coucher de Céphée, qui ne passent jamais sous l'horizon de Rome : il parle de Canopus, et cette étoile n'y est jamais visible ; il dit que le Centaure brille aux yeux des Romains; etc. Il est donc évident que Columelle n'a jamais observé le ciel à Rome, et qu'il répétait les leçons des professeurs d'Alexandrie.

III. Le père Gaubil rapporte que Tcheou-Koung, frère d'un empereur de la Chine, mesura l'ombre d'un gnomon, aux époques méridiennes des deux solstices, dans la ville de Loyang, aujourd'hui Hon-an-fou : la hauteur du gnomon étant 8, les deux longueurs d'ombre étaient 1, 5 et 13. Une foule de témoignagnes attestent la réalité de ces observations. Cependant, comme on a accusé les missionnaires d'avoir exagéré l'antiquité de l'empire de la Chine, interrogeons l'Astronomie pour confirmer ou détruire cette accusation.

Le rayon solaire, qui rase le bord supérieur de l'astre et le sommet du gnomon, faisait alors, avec son axe vertical, des angles dont les tangentes sont $\frac{15}{80}$ et $\frac{13}{8}$, angles qu'on trouve être l'un de 10°,62, l'autre de 58',39. Ajoutons le demi-diamètre du Soleil, faisons les corrections de réfraction et de parallaxe, et nous trouverons, pour la distance vraie du centre du Soleil au zénith de Loyang, à l'époque des solstices, 10°,885 et 58°,687. La demi-somme de ces distances zénithales est la latitude du gnomon (page 73), la demi-différence est l'obliquité de l'écliptique, à l'époque de l'observation; c'est-à-dire 1100 ans avant notre ère : or, c'est précisément ce qu'on trouve être à très peu près. Ces observations sont donc réelles, puisque, pour avoir été arrangées récemment, il aurait fallu les disposer l'une et l'autre d'après la loi de variation de l'obliquité de l'écliptique, loi qui alors était inconnue. (*Voy.* un Mémoire de M. Laplace, *Connaissance des Tems*, 1811, et l'*Astr. de Biot*, II, 315.)

244. IV. L'antiquité de plusieurs monuments égyptiens est constatée par le mouvement équinoxial : décrivons les temples d'Esné et de Dendérah, qu'un climat conservateur a préservés d'une ruine entière, malgré les efforts du temps, et dont les

savants attachés à l'expédition française ont étudié les sculptures et rapporté des dessins corrects.

Sur le plafond du portique du grand temple de Dendérah, on voit une double figure, qu'on suppose être Isis, où, selon d'autres, l'Année, qui enceint, de son corps, les douze constellations zodiacales, rangées sur deux séries dans l'ordre ci-après :

Pour se faire une juste idée du tableau suivant, il faut tenir le livre ouvert devant soi, et l'élever ensuite horizontalement au-dessus de la tête, afin de lui donner la position qu'il a sur le plafond ou *sofite* du portique du temple. On a ainsi le Cancer à la gauche et le Lion à la droite; on est censé entrer sous la colonnade qui forme le portique du temple dont la porte est à l'extrémité. Or en procédant comme si l'on voulait entrer dans le temple, on observe que les deux files de constellations sont des figures tournées, savoir six pour entrer dans le temple, les six autres pour en sortir, formant une sorte de procession : le Cancer, les Gémeaux, le Taureau, le Bélier, les Poissons et le Verseau regardent la porte du temple, où ils vont successivement entrer; le Lion, la Vierge, la Balance, le Scorpion, le Sagittaire et le Capricorne, sont tournés en sens contraire, et sortent du temple, les regards dirigés hors du portique.

Façade du Portique.

(C)		Cancer	♋	Lion	♌		(B)
		Gémeaux	♊	Vierge.	♍		
	↓	Taureau	♉	Balance	♎	↑	
		Bélier	♈	Scorpion	♏		
		Poissons	♓	Sagittaire	♐		
(D)		Verseau	♒	Capricorne	♑		(A)

PORTE DU TEMPLE.

Cette procession des douze constellations sera facile à comprendre, en les lisant dans l'ordre où le Soleil les parcourt chaque année; et comme c'est le Cancer qui entre le dernier, et le Lion qui sort le premier, il est clair que cette singulière disposition n'est point un effet du caprice ou du hasard, et

qu'on l'a adoptée pour signaler une époque que la contemplation du ciel a pu faire reconnaître.

Tout dans ce monument est disposé pour indiquer que le ⊙ était dans le *Cancer*, lors du lever héliaque de Sirius; le débordement du Nil recommençait l'année sothique, un mois après, le ⊙ étant dans le *Lion*. En effet, on voit distribués çà et là divers emblèmes très expressifs, qui caractérisent des phénomènes naturels propres au climat d'Égypte: une barque, qui annonce l'approche de l'inondation, une fleur de lotus épanouie, un serpent qui semble s'élever au-dessus du niveau des eaux, une figure qui verse l'eau de deux amphores, etc. En outre le solstice est indiqué par le disque solaire, élevé au plus haut point de sa course, et versant des flots de lumière, d'où commence à sortir une tête d'Isis, symbole caractéristique de Sirius, et présage du débordement.

Une chose très singulière dans ce tableau, c'est que le sculpteur a pris soin de faire sortir le corps du Cancer de l'enceinte qui réunit tous les hiéroglyphes, et qui est fermée par deux figures dont les pieds sont en (A) et (D), vers la porte du temple, et la tête au fond, en (B) et (C), comme voulant désigner que l'année sothique finissait, le Soleil étant au solstice vers le milieu du Cancer. Le Lion, signe initial de la série sortante, correspond donc à l'époque où le Nil commence à déborder, environ un mois après le solstice d'été. Aussi, pour éviter l'erreur, on a réuni les emblèmes de ce solstice auprès du Cancer, tandis que le Lion est seulement précédé d'un scarabée à une seule aile; et l'on a, avec intention, commis une faute de symétrie dans la sculpture, en donnant au Cancer une position aussi irrégulière que remarquable: car les Égyptiens ne se sont peut-être écartés que cette seule fois de la symétrie qu'on trouve dans toutes leurs sculptures, comme pour indiquer ici, par une disposition spéciale, qu'on devait y trouver un emblème important.

Comme le commencement du zodiaque est évidemment ici placé au lever héliaque de Sirius, qui alors arrivait quand le Soleil était entre le Cancer et le Lion, et que le Nil commen-

çait en même temps à élever ses eaux, phénomène qui suit de près le solstice, ce zodiaque semble indiquer le retour du Soleil au solstice dans le milieu du Cancer. Pour remonter à l'époque de la construction de ce monument, ou du moins celle où les aspects célestes étaient conformes à ce qu'on y voit figuré, il faudrait connaître les points où les anciens limitaient la constellation du Cancer, afin d'en inférer l'étendue de l'arc de rétrogradation.

Il est très vraisemblable qu'ils partageaient, comme nous, le zodiaque en douze parties égales de 30° chaque, et que les constellations, inventées dans les temps antérieurs, ont reçu des bornes fixes et convenues ; mais quelles étaient ces limites? c'est ce que l'histoire ne nous apprend pas. En cherchant à diviser le cercle de l'écliptique en douze arcs de 30°, et variant le point de départ, il n'y a à peu près qu'une seule disposition qui remplisse les conditions principales, 1°. de laisser les plus belles étoiles de chaque constellation dans l'espace qui s'y rapporte; 2°. d'enfermer le Scorpion juste dans son espace de 30°, et de le séparer du Sagittaire. On sait que les anciens Égyptiens avaient sur ces astérismes des idées qui ne permettaient pas d'en confondre les étoiles. Cette disposition est celle qui sépare le Bélier du Taureau, par le cercle de latitude des Pléïades, et qui fait commencer le Lion à Régulus. En effet, l'équinoxe a été long-temps remarqué dans le Taureau, qu'on honorait sous l'emblème de Mithra, et les Pléïades sont une des parties les plus remarquables de cette constellation : en outre, Régulus a long-temps été regardé comme le chef des mouvements célestes. Le Bélier se trouve commencer un peu à l'est de α Poissons. D'après cette opinion, la seule qui remplisse les conditions énoncées et plusieurs autres moins importantes dont nous n'avons pas parlé, c'est 140 ans avant notre ère (*) que

(*) Fréret prend pour limite du Bélier l'étoile γ de cette constellation, ce qui reporte à 384 ans avant notre ère l'époque où l'équinoxe a quitté le Bélier, à —2540 celle où il y est entré, en quittant le Taureau.... Ce sentiment, que j'avais adopté de confiance, n'est qu'une conjecture que n'ap-

l'équinoxe était à la limite qui sépare les Poissons du Bélier, et où les signes et les constellations étaient en coïncidence : l'équinoxe était à la limite opposée, origine du Taureau, en —2196; il entrera dans le Verseau l'an 2016, dans le Capricorne l'an 4172, etc.

Les limites que nous assignons aux constellations, que tout s'accorde à rendre vraisemblables, déplacent les signes, à leur égard, de 27°; en sorte qu'à 3° près, nous appelons maintenant *signe du Bélier* ce que les Grecs nommaient *constellation des Poissons;* et ainsi des autres, en reportant chaque signe de 27° à l'ouest de la constellation de même nom. Nous voyons donc que, pour que le solstice d'été fût placé au milieu du Cancer, il faut que l'équinoxe le soit au milieu de la constellation du Bélier; et l'époque où cet état du ciel s'est réalisé est antérieure de 1078 ans à l'an — 140 déjà fixée ci-dessus, savoir en — 1218. En admettant que le zodiaque de Dendérah représente le solstice au tiers ou au quart du Cancer, il ne faudrait remonter qu'à l'an — 860 ou — 680. On conçoit que la question dont il s'agit n'est pas susceptible d'une solution plus précise; c'est à 2 ou 3 siècles près, 8 cents avant notre ère qu'on voyait au ciel les phénomènes représentés par ce monument.

Le temple de Dendérah renfermait aussi un autre zodiaque, qui a été transporté à Paris par M. Saulnier en 1821; on le voit au Musée. Il est appelé *zodiaque circulaire* ou *planisphère* par la Commission d'Égypte. C'est un planisphère en forme de médaillon circulaire dont le diamètre est de 7 pieds: il n'est manifestement qu'une copie du grand zodiaque qu'on vient de décrire, et se trouvait sculpté au plafond d'une petite chambre sur la terrasse du temple. Les constellations zodiacales y sont disposées en cercle autour du pôle; et pour indiquer les deux bouts de la procession, on y remarque qu'elles y sont disposées en

---

puis aucun document historique, et ne peut soutenir l'examen; car Régulus et γ du Lion ne seraient plus dans le Lion, les Pléiades seraient hors du Taureau; α Verseau et Fomalhaut feraient à peine partie du Verseau; β du Scorpion serait dans la Balance, etc. (*V.* n° **107**.)

ligne spirale; ce qui met en évidence que la série commence par le Lion et finit par le Cancer, puisque les extrémités ne se réunissent pas, mais seulement se trouvent placées sur le même rayon du planisphère (*)

(*) On a prétendu que le temple de Dendérah avait été construit sous la domination romaine ; cette opinion ne mériterait pas d'être réfutée, si elle n'avait été soutenue par des hommes très instruits. Mais, outre que Strabon dit avoir admiré ce monument, à qui prétend-on persuader que les empereurs romains ont fait construire dans un pays d'exil, déjà peu peuplé de leur temps, un monument dont la majesté et la magnificence dépassent tout ce que l'Italie possédait alors de plus beau ? C'est à Rome, ou du moins à Alexandrie qu'ils auraient élevé ce temple, et non pas au milieu des déserts. Cet édifice se lie d'ailleurs, par son style, à la multitude infinie de constructions qu'on voit dans la même contrée, et qui lui sont manifestement plus ou moins contemporaines. Il faut le dire, on ne songe à contester l'antiquité du temple de Dendérah, que précisément parce qu'il y a des zodiaques sculptés qui la démontrent.

On lit, dit-on, sur le planisphère, le mot AUTOCRATOR en caractères *phonétiques*, et ce titre ne peut se rapporter qu'à Néron. Sans nier ce fait, je ferai remarquer que, de la multitude d'hiéroglyphes qui couvrent tous les murs égyptiens, on ne sait lire que ceux, en très petit nombre, qui sont enfermés dans des espèces de médaillons. Ainsi ce mot *autocrator* est-il le seul qu'on lit sur une bande chargée de symboles, dont l'original est détruit, et qu'on ne connaît que d'après une copie dont l'exactitude peut être douteuse.

Dans l'éloge prononcé par M. Arago des travaux de Th. Young (*Revue des deux Mondes*, T. IV, 15 décembre, 1835, p. 754) on trouve ce passage : « Ainsi, pour le dire en passant, se trouvera tranchée, d'une part la vive et éternelle discussion que l'âge de ses monuments a fait naître : ainsi de l'autre sera constaté sans retour, que sous la domination romaine, les hiéroglyphes étaient encore en plein usage sur les bords du Nil. »

Ce savant se fonde, pour justifier ces assertions, sur ce qu'on lit en effet le nom de *Cléopâtre* sur l'obélisque de Philæ, deux fois le nom d'*Alexandre* sur les temples de Karnac, *un titre impérial romain* sur le zodiaque de Dendérah, et sur le grand édifice même les noms et surnoms des empereurs *Auguste*, *Tibère*, *Claude*, *Néron*, *Domitien*.

Sans contester ces faits, la force des raisons ci-dessus exposées est telle que, plutôt que d'attribuer la construction de l'édifice à ces empereurs, j'aimerais mieux croire que ces noms ont été mis après coup, soit sur des espaces libres de sculptures, soit sur des médaillons vides de signes, comme on en voit ailleurs. Si le temple a été restauré sous la domination romaine,

On voit à Esné deux autres zodiaques bien plus anciens. Celui du grand temple offre de même les douze figures du zodiaque sculptées sur deux séries longitudinales, disposées en *procession* comme on le voit ci-après :

Façade du portique.

	Lion	♌	‖	Vierge	♍	
	Cancer	♋	‖	Balance	♎	
↓	Gémeaux	♊	‖	Scorpion	♏	↑
	Taureau	♉	‖	Sagittaire	♐	
	Bélier	♈	‖	Capricorne	♑	
	Poissons	♓	‖	Verseau	♒	

PORTE DU TEMPLE.

Il faut lire ce tableau, comme le précédent, en tenant le livre ouvert horizontalement au-dessus de la tête, pour le voir comme il est lorsqu'on passe sous le portique, dans la direction où l'on entre du dehors dans le temple, qui se trouve au fond.

---

n'a-t-on pas pu y construire cette petite chambre qui est placée au haut de l'édifice, y copier le grand zodiaque et dédier cette copie à Néron. Nous avons vu de nos jours les chiffres de Napoléon couvrir les murs du Louvre ; et aujourd'hui la colonne que la grande armée a érigée, à ses frais, à Boulogne, en l'honneur de cet empereur, porte les fleurs de lys des Bourbons. La flatterie a usé de tout temps des mêmes moyens, pour plaire aux hommes puissants et s'attirer leurs faveurs.

Accordons cependant que le temple de Dendérah n'ait été construit que dans les premiers siècles de notre ère; qu'importe cela à l'antiquité du zodiaque ? Il est certain qu'à une époque où l'Égypte était florissante, les habitants ont remarqué que le solstice d'été arrivait dans le Cancer, et qu'ils ont conservé la tradition de ce fait, qui remonte à 26 siècles. Huit cents ans avant notre ère, ce peuple bâtissait des temples dont l'étendue et la majesté nous étonnent; ils possédaient la Mécanique, l'Architecture, l'Astronomie et tous les arts dont ces sciences supposent la connaissance. Et même il faut remonter bien plus haut encore pour retrouver l'époque des monuments de Louqsor, Karnac, Esné, etc. On n'en doit pas être surpris, lorsqu'on remarque que 1700 ans avant notre ère, Thèbes n'était déjà plus la capitale de l'Égypte, puisque Joseph, qui administrait cet État, résidait à Mem-

La ligne des figures qui sortent comprend la Vierge, la Balance, le Scorpion, etc.; l'autre ligne contient le Lion, le Cancer, etc., dirigés en sens rétrograde. Des étoiles sont groupées près de chaque figure zodiacale pour la distinguer des autres emblèmes qu'on y a représentés. Après les six premières figures zodiacales, il y a beaucoup d'autres figures dont la signification est inconnue, mais qui, n'étant pas distinguées par des étoiles, ne représentent pas des constellations.

Sur la 2e bande, la fin de l'année sothique, annoncée par le lever héliaque de Sirius, se trouve dans le *Lion;* et un mois après, la *Vierge* recommence cette année avec le débordement du Nil; et pour qu'on ne s'y méprenne pas, elle est précédée de deux scarabées, emblèmes de régénération. On y voit aussi un sphinx à tête de femme, sorte de combinaison du Lion et de la Vierge, qui ouvre la marche, et commence la *procession* que le Lion termine. Sur la 1re bande, on remarque que la série des signes qui entrent finit par le Lion, dont la queue est saisie par une figure semblable à la Vierge. Selon la conjecture de

---

phis, où ses frères vinrent lui demander des secours contre la famine qui désolait la Judée. Les Égyptiens connaissaient la durée des années tropique et sidérale, avaient inventé la semaine, et faisaient usage de diverses périodes de restitution qui supposent des observations célestes continuées pendant une longue suite de siècles (*v.* p. 361, 364 et 371).

Au reste, ce ne sont assurément ni les Grecs, ni les Romains, qui ont sculpté les zodiaques, puisque ces peuples n'ont jamais tracé d'hiéroglyphes, et que les attributs dont ils faisaient usage ne se trouvent nulle part dans ces monuments : les temples portent des empreintes certaines d'une origine égyptienne. (*V.* la *Revue Encycl.*, mai 1806 et mai 1822.)

On a prétendu que les Romains avaient employé les Égyptiens à construire le monument de Dendérah; mais ce n'est là qu'une conjecture tout-à-fait dénuée de preuves, et l'histoire se tait absolument à cet égard. L'assertion est même sans vraisemblance. Quarante mille pieds carrés couverts de sculptures ne s'exécutent pas sans que les historiens et les poètes ne citent ce superbe emploi de la puissance qui les ordonne et les paie. D'ailleurs on sait que les Grecs ont parlé avec orgueil des réparations qu'ils ont faites à quelques monuments; comment croire qu'ils n'auraient rien dit de la construction entière d'un édifice aussi majestueux?

M. Jomard, cette image exprime que le solstice quitte la Vierge pour entrer dans le Lion. Mais, d'un autre côté, on pourrait aussi croire que ce solstice répondait alors au milieu du Lion, en considérant que la série est terminée par deux figures égales d'hommes à têtes de lions, qui se donnent la main, et en outre, par deux lions parfaitement égaux. Ce sont des nuages qu'il ne nous est pas donné de pénétrer.

Il est clair que, dans la première explication, tout semble disposé pour indiquer qu'à l'époque de l'édification du temple d'Esné, le Soleil solsticial était à la limite des constellations de la Vierge et du Lion. Ce monument astronomique daterait donc d'environ 4500 ans avant notre ère. Dans la seconde explication, le Soleil solsticial serait au milieu du Lion, et le monument d'Esné ne remonterait qu'à 3400 ans avant notre ère; et si l'on admet que le solstice arrivait au commencement du Lion, ce qui me semble plus vraisemblable, on ne trouverait à ce temple que 4200 ans d'antiquité. Certainement il sera bientôt reçu comme une vérité classique qu'au moins 2400 ans avant notre ère, les Égyptiens étaient réunis en corps de nation civilisée, et cultivaient les arts et les sciences, qu'ils avaient portés déjà à un un assez haut degré de splendeur.

Dans un autre zodiaque au nord d'Esné, sculpté, comme le précédent, sur le plafond d'un temple, on remarque les mêmes symboles à l'ouverture de l'année, c'est-à-dire un lion, terminant la série des signes qui entrent dans le temple.

Voici le tableau de ces figures :

Façade extérieure.

	Vierge	♍	Lion	♌	
	Balance	♎	Cancer	♋	
↑	Scorpion	♏	Gémeaux	♊	↓
	Sagittaire	♐	Taureau	♉	
	Capricorne	♑	Bélier	♈	
	Verseau	♒	Poissons	♓	

PORTE DU TEMPLE.

On lira ces constellations comme il a été expliqué ci-devant.

On y remarque d'ailleurs que la queue du lion est saisie, dans sa partie supérieure, par une femme; un membre viril ailé, placé auprès, désigne encore que le solstice a reproduit la crue du Nil, cause principale de fécondation. Dans ce second monument, l'image de la Vierge, et les symboles qui l'accompagnent, sont détruits par l'âge; on n'en a trouvé que les débris; mais le reste du zodiaque ne laisse aucun doute sur la figure qui commençait la série des signes sortants. L'époque paraît être un peu plus récente que celle du zodiaque du grand temple; une partie des pierres est tombée sur le sol; mais il a été facile de rapprocher ces débris, et de dessiner l'ensemble dans un état de restauration tel qu'il était avant d'être dégradé.

Du reste, en comparant l'état de conservation de Dendérah aux ruines d'Esné, remarquant les détails des sculptures, voyant enfin que Dendérah est au-dessous de Thèbes, tandis qu'Esné est dans la Haute-Égypte, il est évident que le premier monument est d'une bien moins haute antiquité que ceux d'Esné; ce qui s'accorde parfaitement avec notre calcul.

A la vérité, on a trouvé une courte inscription grecque sur une des colonnes du petit temple d'Esné qui paraît avoir été sculptée après coup et à une époque postérieure; mais ce temple n'a jamais été achevé, ce qui permet de croire que l'inscription n'a rien de commun avec le grand temple, qui est un édifice d'une vaste étendue.

C'est à Fourier qu'on doit l'interprétation de ces zodiaques. Servi par un heureux hasard, ce savant a reconnu le premier la signification des douze figures, et a saisi l'ingénieuse idée dont les Égyptiens se servaient pour perpétuer le souvenir des événements et en fixer la date. Ce qui eût échappé à un homme ordinaire, est devenu, pour Fourier, un trait de lumière qui a dirigé bien des recherches.

Nous n'avions le projet que de montrer comment l'Astronomie peut servir à fixer les dates historiques de quelques événements passés, et nous sommes arrivés à établir que les Égyptiens connaissaient le zodiaque et la précession. Puisque le zodiaque a été gravé sur des monuments bien antérieurs aux siècles de la Grèce,

ce n'est donc pas aux Grecs qu'on le doit. D'ailleurs, si l'on considère que le zodiaque sert à peindre les événements naturels et périodiques propres à l'Égypte, ainsi que nous l'exposerons (nº 248), tandis qu'il n'aurait eu aucun sens pour les Grecs supposés inventeurs; que d'un autre côté, le solstice est placé dans des constellations différentes sur les murailles de monuments antérieurs de 600 ans au moins à Hipparque, il faut avouer que ce n'est pas cet astronome qui a découvert la précession. Qu'on nie, contre l'évidence, que Thalès, Anaxagore, Pythagore, et tant d'autres Grecs, allèrent puiser en Égypte les connaissances qu'ils rapportèrent ensuite dans leur patrie; qu'on prétende même, contre toute raison, qu'ils firent, au contraire, briller leur savoir en Égypte, qu'ils y prédirent des éclipses et mesurèrent la Terre; et qu'enfin, comme pour rendre cette opinion plus ridicule, on ajoute que, sans Thalès, les Égyptiens n'auraient pu trouver la hauteur de leurs pyramides, d'après la longueur de l'ombre qu'elles portent; nous ne songerons pas à réfuter de pareilles assertions, tout-à-fait étrangères à notre objet. Il nous suffit que des monuments d'une exécution admirable aient prouvé non-seulement l'habileté des artistes qui les ont élevés, mais encore le savoir des hommes qui en ont dirigé les travaux.

Je n'ignore pas qu'un savant d'une vaste érudition, Delambre, s'est déclaré pour l'opinion qui ne fait remonter qu'à 150 ans avant notre ère les premières notions exactes d'Astronomie : c'est à Hipparque et aux Grecs de l'école d'Alexandrie qu'il attribue toutes les connaissances que nous devons aux anciens sur cette belle science. Sans doute un pareil suffrage donne une grande force à cette opinion, que je n'ose entreprendre de combattre. Il me paraît que ces deux sentiments ne sont pas incompatibles; car les Égyptiens, après avoir posé les fondements des sciences et brillé dans les arts, ont pu, après des temps de prospérité, laisser éteindre le flambeau qu'ils avaient allumé. Des siècles d'indifférence et de mépris pour ce qui avait été le sujet d'une longue admiration, ont pu succéder à ces beaux siècles; et la Grèce, après avoir long-temps reçu les leçons de

l'Égypte, a pu prétendre à l'honneur de l'enseigner à son tour. Les hiéroglyphes, devenus inintelligibles, même aux descendants de leurs inventeurs, ont pu rester inutiles aux Grecs. Du temps d'Hérodote, qui vivait 450 ans avant notre ère, cette écriture mystérieuse était déjà une langue à peu près perdue. Ce qui a été dit de la sphère d'Eudoxe (n° 242) vient à l'appui de cette assertion, et prouve que les Grecs n'avaient pas compris les leçons des Égyptiens. Il se peut donc qu'Hipparque n'ait presque rien dû à ses devanciers, et l'on ne doit plus s'étonner que ses écrits montrent autant d'indices de génie.

V. Un tableau astronomique découvert par Champollion dans le Rhamesseum de Thèbes, qui a été construit 15 siècles avant notre ère, a fait le sujet d'un mémoire de M. Biot; ce savant fait remonter l'antiquité de ce tableau à 3285 ans avant l'ère chrétienne. C'est en calculant la position de quelques étoiles en cette année, qu'il a trouvé que l'équinoxe vernal était dans les Hyades, sur le front du Taureau, ce qui place le solstice d'été dans les étoiles du Lion, et l'équinoxe d'automne dans celles du Scorpion : il remarque cette particularité que l'écliptique se trouvait perpendiculaire à l'horizon de Thèbes au moment où l'équinoxe du printemps se couchait. Or, ce sont toutes ces circonstances que M. Biot voit réunies et représentées dans le tableau du Rhamesseum, où elles sont figurées dans un cadre à part.

Une fois éclairé sur le sens de cette scène, M. Biot l'a retrouvée avec des caractères semblables ou analogues dans d'autres monuments, les uns plus anciens, comme le tombeau de Ménephta Ier, découvert par Belzoni; d'autres plus modernes, comme le temple d'Hermonthis : de sorte que le souvenir s'en est ainsi perpétué pendant plus de 30 siècles, pour désigner une époque remarquable; et, comme la construction du Rhamesseum ne date que de l'an — 1500, le même tableau représente aussi une position plus tardive des équinoxes : en sorte que les emblèmes de chaleur qui sont figurés dans ces deux scènes, semblent désigner les Hyades comme brûlantes dans un cas, et comme tempérées dans l'autre, ce qui prouve qu'on avait fait

l'observation de ces deux états successifs du ciel, aux deux époques de—3285 et—1500.

Ce cadre à part, où le Soleil vernal est figuré dans les Hyades, concorde avec l'époque où le lever héliaque de Sirius arrivait au solstice d'été. Pendant plus de mille ans, ce lever a pu paraître arriver au solstice d'été, pour les Égyptiens, qui se contentaient du simple aspect du ciel, sans s'apercevoir qu'il s'établissait peu à peu une différence entre ce lever héliaque et le solstice. Mais il se trouve que l'année unique où les deux phénomènes ont mathématiquement coïncidé est précisément en —3285, le 20 juillet Julien, époque du retour de la période sothiaque, qui commençait quand l'année vague égytienne de 365 jours revenait avec le solstice d'été.

On trouve dans le t. II, pl. 82, de la *Description de l'Égypte*, la représentation du plafond d'une chambre sépulcrale de Thèbes, qui désigne évidemment la position de l'équinoxe vernal dans le Taureau : le Lion solsticial, le Scorpion de l'équinoxe d'automne et le Verseau du solstice d'hiver, sont les seules constellations qui s'y trouvent, et qu'on voit entourées des emblèmes qui caractérisent les phénomènes concomitants. La pl. 96, tom. I du même ouvrage, figure aussi une scène astronomique où le Taureau et le Lion se rapportent au même état du ciel. M. Jomard avait déjà montré (t. VIII de l'édit. in-8°) que ces configurations, consacrées d'ailleurs par le culte mythriaque, remontent à plus de 3000 ans avant notre ère. La pierre d'Axum, décrite par Bruce, a une antiquité plus grande encore. Tout prouve donc que les peuples de ces contrées avaient observé l'état du ciel, et étaient civilisés, il y a plus de 50 siècles; que le zodiaque est leur ouvrage, et que les monuments qu'ils ont construits portent les empreintes incontestables de leur haute antiquité.

248. Quelques personnes ont regardé les Indes comme le berceau de la civilisation, et ont attribué à ce pays nos connaissances astronomiques : Le Gentil et Bailly ont développé cette opinion. Le zodiaque trouvé dans les souterrains de la pagode de Salsette (Elephanta), place la Vierge au solstice d'été, et doit

avoir 6000 ans d'existence. La chronologie des Indiens date de 3600 ans avant J.-C.; ces peuples paraissent avoir eu des relations directes avec les Perses et les Chinois, dont l'antique civilisation remonte à la même époque; depuis un temps immémorial, les Brames connaissaient la précession des équinoxes, et même ils l'évaluaient à 54" par an, ce qui est très approché; ils se servaient de la même semaine que nous, et enfin précisément du même zodiaque. Voici les dénominations qu'ils donnaient aux divers signes :

Aries,	*Taurus,*	*Gemini,*	*Cancer,*	*Leo,*	*Virgo,*
Asouina,	Cartica,	Margasircha,	Paucha,	Magha,	Phalgouna,
Libra,	*Scorpius,*	*Arcitenens,*	*Caper,*	*Amphora,*	*Pisces,*
Tchaitra,	Vissack,	Djyaichta,	Achara,	Sravana,	Bhadra.

Ces mois étaient accouplés deux à deux pour former une *saison;* il y en avait six dans l'année. On divisait aussi le zodiaque en 27 parties égales, de 13° $\frac{1}{3}$ chaque, appelées *nachétrons.* Comme la révolution sidérale de la Lune est d'environ 27 jours et un tiers, ces espaces célestes étaient le domicile de la Lune durant un jour. (Voyez *l'Astronomie ancienne de Bailly, et le Mémoire de Dupuis sur le Zodiaque.*) Ces nachétrons étaient ainsi dénommés :

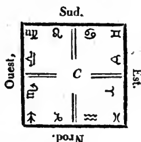
Sravishtha 1, *Satabhisha* 2, *P. Bhadrapada* 3,
U. Bhadrapadu 4, *Revati* 5, *Aswini* 6,
Bharani 7, *Kritica* 8, *Rohini* 9,
Mrigasiras 10, *Ardra* 11, *Punarvaza* 12,
Pushija 13, *Aslesha* 14, *Magha* 15,
P. Phalguni 16, *U. Phalguni* 17, *Hasla* 18,
Chitra 19, *Swati* 20, *Visakhà* 21,
Anuradha 22, *Jyestha* 23, *Niriti* 24,
P. Ashadha 25, *Sravana* 26, *Sravana* 27.

On trouve dans le *Quarterly oriental Magazin* de Calcutta, n° 1, avril-juin 1826, p. 265, un tableau, que nous avons représenté fig. 59, des maisons lunaires des Indiens, et des mois des saisons, lorsqu'elles correspondaient avec les constellations, dans l'an — 1192.

Voici les noms indiens de quelques étoiles :

Aswini....	γ ou β Bélier..	*Abhijit*........	α Lyre,
Magha....	Cœur du Lion..	*Sravana*........	α Aigle.
Chitra.....	Épi de la Vierge.	*P. Bhadrapada*..	α Pégase.
Swati.....	Arcturus.		

Le culte de Mithra avait été très répandu dans la Perse et l'Inde, et le temps a même épargné plusieurs monuments curieux qui se rapportent à l'époque où l'équinoxe avait lieu dans le Taureau (voy. l'*Origine des Cultes*). On remarque dans les *Transactions philosophiques* de 1772, un zodiaque trouvé dans une ancienne pagode près le cap Comorin. Les constellations y sont figurées dans l'ordre marqué ci-après :



Au centre *C* est une figure de femme, qu'on a prise pour la Vierge céleste, ce qui a fait attribuer à ce monument une antiquité égale au moins à celle d'Esné : la manière dont les signes sont distribués, tant entre eux que relativement aux points cardinaux, fortifie cette opinion. Cependant, comme M. John Call, à qui on doit cette copie, n'y a pas joint les détails caractéristiques de l'état du ciel qu'on y a voulu représenter, cette opinion n'est qu'une conjecture. La distribution des signes, trois par trois, semble devoir marquer des saisons, et la position initiale du Taureau à l'équinoxe du printemps, et du Lion au solstice d'été, rapprochent ce monument de l'époque où le

Soleil était adoré sous le nom de *Mithra ;* ainsi ce zodiaque pourrait dater de 3000 ans avant notre ère.

Quoi qu'il en soit, cette pagode paraît d'une haute antiquité. M. J. Call annonce qu'il existe, dans la presqu'île occidentale de l'Inde, beaucoup d'édifices semblables et de traditions curieuses, qui doivent donner des lumières sur l'ancienne civilisation de ces contrées. Les débordements du Gange, aussi réglés que ceux du Nil, et dus à la même cause, doivent avoir établi des relations entre les phénomènes physiques et les usages religieux des pays arrosés par ces fleuves. Des savants anglais ont formé à Calcutta une Académie qui s'occupe de ces intéressantes recherches.

Une chose remarquable, c'est que les Brames avaient mesuré l'obliquité de l'écliptique, et qu'ils connaissaient les temps inégaux que le Soleil met à traverser chaque signe. Leur année était de $365^{j}\ 5^{h}\ 31'15''$, et commençait au mois d'avril. Voici les noms de leurs mois, et leur correspondance avec les nôtres (*).

Sittirey,	*Vavasey*,	*Any*,	*Ady*,	*Avany*,	*Pivattassy*,
Avril,	Mai,	Juin,	Juillet,	Août,	Septembre,
Arbassy,	*Cartiguey*,	*Margajy*,	*Tay*,	*Masey*,	*Pangouny*,
Octob.,	Novemb.,	Décemb.,	Janv.,	Févr.,	Mars.

(*) La durée de l'année solaire était connue dès les temps les plus reculés; nous voyons dans les *Antiq. judaïq.* de Joseph, liv. I, ch. 3, que les Chaldéens faisaient usage de la grande année de 600 ans. (Voy. *Syncelle*, p. 17 et 38.) C'est une période qui ramène à la même position relative le Soleil et la Lune. En effet, 8021 révolutions lunaires de 27*j*,321582 forment précisément le même temps que 600 années solaires de 365*j*,244015. Ainsi, en prenant cette dernière durée comme exacte (et elle ne diffère de la nôtre que de $2'\frac{1}{2}$), il est clair que tous les 600 ans le Soleil et la Lune se retrouvent aux mêmes points du ciel. Comme l'année solaire éprouve de très faibles diminutions (p. 199) il est possible d'attribuer à cette cause la différence de $2'\frac{1}{2}$, et peut-être aussi à quelque erreur sur les durées des révolutions du Soleil et de la Lune, ou même à ce qu'on ne donnait ces 600 ans que comme une période approchée.

Les Perses du 11e siècle avaient imaginé une intercalation de 8*j* tous les 33 ans, pour rétablir l'accord entre les années civile et solaire. Ce mode suppose celle-ci de 365*j*,242424, valeur plus approchée que celle dont on se sert dans le Calendrier grégorien. Il est bien vraisemblable que cette intercalation résultait d'une tradition précise des mouvements du Soleil.

On peut voir dans l'*Académie des Sciences* de 1772, le Mémoire où Le Gentil expose la méthode des Bramcs pour calculer les éclipses. Ce savant s'est fait le disciple de l'un de ces prêtres, qui voulait bien lui trouver quelques dispositions pour l'étude de l'Astronomie.

Origine des Constellations.

246. Les figures et les dénominations des constellations, quoique arbitraires en elles-mêmes, sont liées entre elles et avec la Chronologie, la Physique et la Mythologie. Ce n'est pas une chose sans intérêt que de remonter à l'origine de ces symboles, et de lire dans le ciel l'histoire des usages civils et religieux des anciens peuples, qui en ont consacré le souvenir dans des fictions poétiques, méprisées de ceux qui ne savent pas les comprendre.

Mais il est impossible de donner à l'explication de ces figures le caractère de certitude qui appartient aux vérités positives : ce ne peut être que par un accord unanime, que par des rapprochements vrais avec les usages des auteurs de ces fictions, qu'on peut s'assurer d'en avoir deviné le sens. Combien d'hommes célèbres se sont trompés dans leurs conjectures! Combien d'opinions adoptées légèrement et défendues avec opiniâtreté! Craignons donc de substituer des erreurs à d'autres. Il n'est pas possible d'avoir des preuves mathématiques dans des questions de cette nature, mais on ne doit pas repousser les interprétations qui ont un haut degré de probabilité, seul genre de démonstration que les faits historiques puissent admettre.

Nous exposerons ici le système de Dupuis (*Orig. des Cultes ; Mém. Acad.*, 1785; *Journ. des Savants*, 1788; *Mém. sur le Zodiaque*, 1806), ainsi que les preuves dont il l'a appuyé; la sagacité des interprétations, leur accord frappant, les rapprochements heureux auxquels les résultats conduisent, sont dignes d'arrêter l'attention des philosophes. Ce savant professeur était loin de prévoir, lorsqu'il composa ce beau travail, que, 25 ans après, les Français iraient conquérir l'Égypte, et en rap-

porteraient des documents confirmatifs de son opinion sur l'origine du zodiaque. N'est-il pas étonnant que les monuments des arts aient ainsi fortifié une opinion conçue d'après de simples témoignages historiques? Au reste, on sent bien que, dans l'explication d'un si grand nombre de fables, il a dû se glisser quelques erreurs; il importe seulement de se faire une idée juste des points les plus importants, et de concevoir comment ces fictions peuvent se lier aux aspects célestes et aux phénomènes naturels qui leur servent assurément de base.

247. Ce sont surtout les constellations zodiacales qu'il importe d'expliquer; respectées, comme le sont les mystères religieux, elles nous sont parvenues sans altération à travers les siècles; leur rapport avec la religion, l'histoire et les faits physiques, leur donnent une bien plus grande importance. L'empreinte des principes qui ont présidé à leur formation doit se retrouver dans les figures dont la création est postérieure. D'ailleurs ces dernières ont éprouvé, par la suite des temps, des altérations qui en rendent l'interprétation suspecte. Les Grecs n'ont plus connu les bases sur lesquelles les inventeurs de ces signes les avaient établis, et ont remplacé cette langue mystérieuse mais intelligible, par des beautés d'imagination. En substituant ainsi des figures brillantes, mais fausses, à des emblèmes vrais et clairs, qu'ils n'entendaient pas, ils ont embelli et corrompu ces images, et rendu la vérité bien difficile à découvrir sous ce fard imposteur. Tout, en Grèce, est propre à inspirer l'ami des arts et à désespérer le philosophe.

248. Suivant Pluche, jadis le Bélier et le Taureau commençaient le printemps; et, à cette époque, les brebis et les vaches mettent bas. Le mois suivant, les chèvres en font autant, et les Gémeaux étaient aussi représentés par deux chèvres, ou par deux amants, symbole de fécondité. Le Cancer annonce le solstice d'été par la rétrogradation vers les signes descendants. Le Lion répond aux chaleurs et la Vierge aux moissons, dont son épi est le symbole. La Balance désigne l'égalité des jours et

des nuits à l'équinoxe d'automne; le Scorpion, les maladies fréquentes dans cette saison; le Sagittaire, les plaisirs de la chasse communs en novembre. Le Capricorne annonce que le Soleil remonte vers les signes supérieurs. Le Verseau est le temps des pluies, et les Poissons celui de la pêche.

Auteur plus amusant que profond, Pluche a expliqué de même plusieurs autres constellations. Mais son système est renversé par cette objection très simple, qu'elles étaient déjà créées long-temps avant l'époque que Pluche a considérée comme ori-rigine, laquelle répond au commencement de notre ère. Lors de la création de ces signes, les divers phénomènes que Pluche a attachés aux constellations pour les expliquer, ne leur correspondaient nullement. Les zodiaques des temples égyptiens (n° 244) précèdent de beaucoup les temps où le Soleil entrait dans la Balance à l'équinoxe d'automne, dans le Verseau au temps des pluies, etc. L'invention du zodiaque, étant antérieure à l'édification du temple d'Esné, remonte à plus de 4500 ans, le Soleil étant alors dans le Lion au solstice d'été. Ainsi l'interprétation de Pluche est absolument inadmissible.

249. C'est dans l'Orient qu'il faut chercher la clé des fictions qui sont basées sur l'Astronomie; il faut y étudier les usages civils et religieux, les phénomènes naturels, les temps consacrés à l'agriculture, etc. On doit regarder comme l'ouvrage d'un peuple, ce qui lui convient et ne convient qu'à lui; ce qui a un sens pour lui à une époque déterminée, et qui n'en a point chez d'autre nation, à quelque époque que ce soit. Ce principe nous conduit à regarder les Égyptiens comme les inventeurs du zodiaque et des fables fondées sur les aspects du ciel (*); c'est ce qu'on va développer.

L'inondation du Nil est un phénomène si remarquable par sa

(*) Suivant Diodore, Macrobe, Ach. Tatius, Lucien, etc., les Égyptiens avaient, de temps immémorial, des tables astronomiques, connaissaient les révolutions des planètes, la durée de l'année, etc. C'est donc chez eux qu'il est naturel de chercher l'explication du zodiaque. D'ailleurs, la haute antiquité de ces peuples, leur respect pour l'Astronomie, occupation principale de leurs prêtres, l'usage des hiéroglyphes, le mystère dont ils enveloppaient

grandeur, sa durée, ses retours périodiques et son importance, que ce fleuve recevait un culte public. La Mythologie égyptienne paraît en relation intime avec cet événement annuel et avec les mouvements célestes qui l'annoncent, le produisent et en règlent le retour. Il est dû à une cause physique bien connue, les pluies abondantes qui inondent l'Abyssinie, lorsque le Soleil atteint le tropique boréal. Le Nil commence donc à grossir à peu près un mois après le solstice d'été, époque du commencement de l'année solaire égyptienne (*); il se répand ensuite sur tout le sol qu'il féconde. L'inondation dure trois mois; c'est le temps du repos: les villes, rehaussées par des travaux immenses, s'élèvent comme des îles au milieu des eaux; les habitants voient avec joie, de cette hauteur, toute la plaine couverte par le fleuve qui la fertilise, favorise le commerce en joignant les cités, les défend contre l'ennemi, et devient à la fois leur nourricier et leur protecteur (Bossuet).

Dupuis admet que, dans les temps reculés, le Soleil était dans la constellation du *Capricorne* à l'époque du solstice d'été; l'astre atteignant alors sa limite la plus élevée, était comparé aux chèvres qui se plaisent sur les hauteurs. Le Capricorne est en effet représenté dans l'attitude du repos qui convient au solstice; sa queue de poisson se rapporte à l'inondation qui va bientôt commencer (vers le milieu de juillet).

Ambiguum sidus terræque, marisque. MANIL.

Le *Verseau* est le signe de l'inondation, qui est complète en

leurs sciences, selon Hérodote et Plutarque, tout porte d'avance à les croire inventeurs du zodiaque, préférablement aux Chaldéens, aux Indiens et aux autres nations. Les Égyptiens affirmaient à Diodore de Sicile, 60 ans avant notre ère, que le gouvernement de leurs rois remontait à 15 mille ans. Après 200 ans de civilisation, ces peuples ont bien pu créer le système des constellations zodiacales, qui n'est pas en soi une conception difficile, et qui leur était indispensable, d'après l'état physique de leur pays.

(*) Le serment que les rois faisaient à leur avénement au trône, de ne jamais souffrir les intercalations, paraît indiquer que l'année civile n'avait pas toujours été vague. Il semble que, dans les temps très reculés, on n'y observait que l'année solaire, mais que depuis, l'année vague se serait introduite dans les usages civils.

août ; et comme le Nil n'atteint qu'en septembre sa plus grande élévation, les *Poissons* désignent que les eaux couvraient toute la surface de l'Égypte. Le *Bélier* convenait au mois d'octobre, temps où les eaux retirées laissent d'abondants pâturages aux troupeaux long-temps renfermés. Le *Taureau* annonçait l'époque du labourage, qui ne se fait en Égypte qu'avec des bœufs, sur une terre encore humide d'un précieux limon ; c'est en novembre que s'y font les labours.

Les *Gémeaux*, ou les *Chevreaux*, ou les *Amants*, symboles de jeunesse et de fécondité, désignent les productions nouvelles ; l'époque de la germination, qui, en Égypte, arrive en décembre : la promptitude de la végétation permet déjà d'y présager l'abondance de la récolte. Le *Cancer* était le signe du solstice d'hiver ; la marche lente et rétrograde de l'Écrevisse annonce le mois de janvier, temps où le Soleil revient vers les signes supérieurs. En Égypte, la végétation est la plus active en février ; le Soleil reprend sa force en entrant dans le *Lion*, qui en est le symbole ; ce terrible animal sort alors des déserts, et a semblé ramener avec lui les chaleurs. Les moissons, figurées par la *Vierge* et son épi, annoncent que c'est dans le mois de mars que l'Égyptien moissonne. L'équinoxe, ou l'égalité des jours et des nuits, au commencement d'avril, est marqué par la *Balance*. C'est en mai que règnent les maladies contagieuses, causées par les excessives chaleurs de la saison et les vents d'Éthiopie. Le *Scorpion* en désignait la redoutable époque, à cause de la funeste influence qu'on attribuait à ce hideux animal. Enfin le *Sagittaire* fermait l'année avec le mois de juin : armé d'un trait et poursuivant le Scorpion, il est l'emblème des vents du nord, précurseurs du solstice et de l'inondation. A cette époque, les vents étésiens ne manquent jamais de s'élever, et repoussant ceux du sud, chassent les vapeurs malfaisantes et ramènent la salubrité dans l'air. Le Sagittaire est le Janus des Égyptiens, qui le représentaient avec deux visages (nº 268), tournés, l'un vers les signes écoulés, l'autre vers ceux de l'année nouvelle.

230. Si l'on a bien saisi cet exposé, on reconnaîtra que le

Cancer et le Capricorne doivent nécessairement désigner les solstices, le 1[er] ayant une marche paresseuse et rétrograde, le 2[e] figurant le repos sur une hauteur escarpée; la Balance convient assurément à un équinoxe. Ainsi des douze constellations zodiacales, deux opposées caractérisent les solstices, et l'intermédiaire, un équinoxe. On ne peut admettre que, dans l'origine, le Cancer se soit rapporté à l'été, la Balance à l'automne, etc., ainsi que Pluche l'a supposé (n° **247**); il faut donc que le Cancer soit relatif à l'hiver, la Balance au printemps et le Capricorne à l'été, comme nous l'avons exposé. Et quand on reconnaît que les neuf autres signes sont l'interprétation naturelle des phénomènes physiques amenés dans l'ordre de leur succession annuelle, la supposition acquiert le plus haut degré de probabilité.

Ajoutons quelques traits à ce tableau.

Les Égyptiens ont trois saisons, de quatre mois chacune, l'inondation commençant en juillet, le labourage en novembre et les récoltes en mars. Dans l'origine, ces saisons se rencontraient avec le Capricorne, le Taureau et la Vierge, si l'on adopte le système proposé. Or, les constellations voisines confirment cette assertion. 1°. L'Aigle ou l'*Accipiter*, symbole consacré au Soleil, en annonçait l'élévation par son lever héliaque au solstice d'été, lorsque cet astre était dans le Capricorne. 2°. Le Taureau était voisin du Cocher, qui, armé d'un fouet, semble l'exciter au travail. 3°. Le Bouvier, placé entre la Vierge et l'Ourse, tient une faucille de moissonneur et est près du Chariot chargé de la moisson; autrefois la chevelure de Bérénice était remplacée par une gerbe de blé. Aujourd'hui la précession amène l'Aigle, le Cocher et le Bouvier en février, juin et octobre, et ces constellations n'indiquent plus les trois saisons égyptiennes (*).

281. Les divers phénomènes que nous venons de décrire se

(*) On peut voir, dans le grand ouvrage d'Égypte, un Mémoire curieux de Raige, où ce savant orientaliste croit pouvoir rapporter les noms des mois égyptiens aux phénomènes naturels qui viennent d'être exposés. Nous expliquerons plus tard la composition du Calendrier de ces anciens peuples.

reproduisent constamment aux mêmes époques : l'immuable loi de la nature les ramène toujours dans le même ordre et avec une égale durée ; mais, par l'effet de la précession, ils n'arrivent plus lorsque le Soleil entre dans les mêmes constellations ; les figures zodiacales qui en étaient le symbole n'y correspondent plus, et le Soleil ayant rétrogradé de sept signes, il faut remonter à quinze mille ans, pour se reporter à l'état que cette interprétation suppose, à raison de 72 ans par degré (nº 106).

Une antiquité de 15 mille ans, durant laquelle l'Histoire se tait complétement, offre une bien forte objection contre le système de Dupuis, et ce savant ne se l'est pas dissimulée ; mais, persuadé par la force des preuves et leur accord, ne pouvant renoncer à une opinion qui porte tous les caractères de la vérité, il a cru devoir faire une concession qu'il importe d'exposer ici (*Origine des Cultes*, III, p. 340.)

« La seule objection qui paraisse de quelque importance contre cette explication, à ceux qui croient à un monde créé, c'est » la haute antiquité que nous supposons à l'invention du zodiaque ; mais elle pourrait être bien moindre si, ce que je ne » crois pas, il était arrivé quelque grande inégalité dans la » précession des équinoxes. D'ailleurs nous avons supposé que » c'est *le signe dans lequel entrait le Soleil*, qu'on a désigné » par un caractère hiéroglyphique représentatif de l'état du » ciel ou de la Terre dans chaque mois ; mais on pourrait dire » que les inventeurs avaient placé ces symboles, non pas dans » le lieu qu'occupait le Soleil, mais *dans la partie du ciel opposée*, de manière que la succession des levers du soir de » chaque signe eût réglé le calendrier et eût exprimé la marche » des nuits, comme le disent Aratus et Macrobe. L'invention de » l'Astronomie appartiendrait encore incontestablement à l'Égypte, mais ne remonterait pas plus loin que l'époque où » le Taureau était le signe équinoxial du printemps, deux ou » trois mille ans avant l'ère vulgaire. Ainsi, dans cette hypothèse, lorsque le Soleil, en conjonction avec le Taureau, arrivait le soir à l'horizon, le premier signe qui se trouvait » alors à l'orient au-dessus de l'horizon, et qui finissait de se

» lever, eût été la Balance, et l'ascension de cette constellation
» eût aussi désigné l'équinoxe du printemps; de même, l'entrée
» du Soleil au Lion eût été marquée le soir par le lever total et
» achronique du Capricorne; l'entrée au Verseau ou au solstice d'hiver, par l'ascension du Cancer; l'entrée au Bélier,
» répondant aux moissons, par le lever du soir de l'Épi, ainsi
» des autres; et tous les emblèmes recevraient le même sens. »

Ainsi, au lieu de donner à la constellation où se trouve actuellement le Soleil, un nom tiré du phénomène naturel contemporain, Dupuis admet que ce nom aurait été imposé au signe qui en est éloigné de 180°, et qui reste, à cette époque, toute la nuit sur l'horizon.

Le zodiaque est une invention égyptienne; il représente trop fidèlement la suite des phénomènes annuels propres au climat d'Égypte, pour qu'il reste le moindre doute à cet égard : le hasard n'enfante pas de ces réunions prodigieuses de faits qui tous conspirent vers un même but. Les douze principaux actes de la nature ont reçu pour emblèmes les douze signes célestes que parcourt le Soleil annuellement. Voilà ce qu'il est impossible de nier. Mais cet astre était-il dans l'un de ces signes, lorsque le phénomène physique qui s'y rapporte arrivait, ou cette constellation se montrait-elle sur l'horizon dans une autre position de la sphère céleste? C'est là le seul sujet de doute et d'examen. La Vierge qui tient un épi de blé désigne incontestablement l'époque de la moisson; mais cette époque était-elle annoncée par le Soleil dans la Vierge, ou par le lever achronique de l'Épi, ou par toute autre apparence? Voilà la vraie question.

Pour faire un choix judicieux entre ces hypothèses, il faut les éprouver toutes successivement, les suivre dans leurs conséquences, et adopter celle qui accordera, sur tous les points, l'état physique de l'Égypte, avec les apparences qu'offrait le ciel dans ces temps reculés. C'est ce qu'a fait Fourier, avec cette sagacité qu'on lui connaît; il s'est trouvé conduit à affirmer que lors de l'invention du zodiaque par les Égyptiens, le Soleil n'était pas dans le Verseau lors de l'inondation du Nil, dans la Balance à l'équinoxe printannier, dans le Taureau au mois des

labourages, etc.; mais que ces constellations se levaient le soir et restaient la nuit entière sur l'horizon, à l'époque des phénomènes physiques correspondants, qu'elles semblaient produire et dont elles annonçaient le retour.

Cette opinion qui ne donne au zodiaque qu'environ 4500 ans d'existence, s'accorde mieux avec les traditions historiques. Les levers ordinaires d'étoiles, si faciles à observer sous le beau ciel d'Égypte, ont dû faire la base de l'Astronomie naissante : on n'avait pas, dans les premiers temps, de procédé plus commode pour diviser l'année et prévoir le retour des saisons. Tous les écrivains, les fêtes, les fables même et le Calendrier attestent le culte des étoiles qui annonçaient les phénomènes physiques : mais les levers héliaques appartiennent à des temps plus éclairés, et les levers cosmiques supposent une Astronomie plus perfectionnée encore.

Les partisans du premier système de Dupuis ne restent pas sans réponse contre ces assertions; et d'abord le silence de l'Histoire durant 150 siècles n'est qu'une preuve négative, puisque nous ne savons pas lire les seuls écrits égyptiens qu'ait respectés le temps. D'ailleurs, ce silence n'est pas aussi absolu qu'on le dit. Les monuments de la Haute-Égypte annoncent un état de civilisation qui n'a pu succéder qu'à de longs siècles de barbarie; et le temple d'Esné, construit 2500 ans avant notre ère, suppose une instruction dans les arts et dans les sciences, bien supérieure aux grossiers essais d'astronomie qu'exige l'invention du zodiaque. Un immense intervalle sépare vraisemblablement ces deux époques. La pierre d'Axum, dont parle Bruce, date de 4000 ans avant J.-C. (*Antiq. Égyp.*, *Mém I*, p. 6.) Platon disait : « Si l'on veut y prendre garde, on trouvera chez les » Egyptiens des ouvrages de peinture et de sculpture *faits de-* » *puis dix mille ans* (*ce qui n'est pas pour ainsi dire*, *mais* » *à la lettre*), qui ne sont pas moins beaux que ceux d'aujour- » d'hui, et ont été travaillés sur les mêmes règles. » (*Livre II des lois.*) Et ces périodes de restitution (*) que les Égyptiens

(*). Fourier a prouvé que les Égyptiens connaissaient la durée de la ré-

connaissaient avec précision, pour les calculer et les mesurer, sans le secours des instruments d'optique, n'a-t-il pas fallu une longue suite de siècles d'observations qui nous rapprochent du degré d'antiquité qu'on suppose au zodiaque?

---

volution synodique de la Lune et celle de l'année sidérale. On lit dans Plutarque que le bœuf Apis *était le symbole de la conjonction du Soleil et de la Lune, et qu'il mourait au bout de 25 ans*; ce qui revient à dire qu'après 25 années de 365*j*, les néoménies revenaient aux mêmes dates : et, en effet, on trouve que 25 fois 365*j* font 9125*j*, ce qui produit exactement 309 lunaisons de 29*j*,5307443, durée de la révolution synodique de la Lune il y a 5000 ans. Le cycle lunaire était de 25 ans pour les Égyptiens, comme il l'a été depuis de 19 ans pour les Grecs.

Albatégnius, astronome arabe, affirme que les Égyptiens faisaient l'année sidérale de 365*j* 6*h* 11′ : cette assertion est confirmée par un passage curieux d'Hérodote (liv. II, chap. 142), qui exprime qu'on a vu, en 11340 ans, le Soleil changer 4 fois la place de son lever ordinaire, et qu'il s'est levé 2 fois au point où il se couche actuellement.

« L'espace de temps parcouru dans la narration que je viens de faire, d'après les récits des Égyptiens, particulièrement de leurs prêtres, comprend (si l'on s'en rapporte aux mêmes autorités) depuis le premier roi Ménès jusqu'au règne du prêtre de Vulcain, le dernier dont j'ai parlé, 341 générations, et a fourni un égal nombre de rois et de grands-prêtres. Or, 300 générations font 10 000 ans, en comptant 100 ans pour 3 générations; ajoutant ensuite à cette somme les 41 générations, en surplus des 300, et qui donnent 1340 ans, on trouve 11340 années, pendant lesquelles les prêtres affirment qu'aucun dieu ne s'est montré sous forme humaine. Ils assurent de même qu'il n'en a point paru sous aucun des rois égyptiens qui ont régné, ou avant, ou depuis cette époque. Ils disent de plus que, dans cette longue succession de siècles, le Soleil avait changé 4 fois la place de son lever ordinaire; et qu'il s'est levé deux fois au point où il se couche actuellement, et s'est couché deux fois au point où il se lève aujourd'hui. Ils ajoutent que, malgré ce changement dans la marche du Soleil, rien n'avait varié en Égypte, ni pour les productions de la Terre, ni pour les inondations périodiques du Nil, ni enfin pour les maladies et la mortalité. » (T. I, p. 337, chap. 142 de la traduction de M. Miot.)

Il ne faut chercher ici qu'un emblème, à la manière des révélations égyptiennes, relatif au lever de l'astre dans certaines constellations à diverses époques. On trouve que 6*h* 11′ répété

1417 fois, produit 365*j*,07,
2835............ 2 fois 365*j*,20,
11340............ 8 fois 365*j*,20.

En admettant que le Soleil coïncidait avec quelque étoile à un jour dési-

Ce n'est qu'en rapportant les planètes aux étoiles qu'on a reconnu leur marche propre, leurs rétrogradations. Le mouvement de la Lune a frappé les premiers regards à raison de la vitesse et des phases de cet astre. En le voyant s'approcher des étoiles et les devancer, on a imaginé la division du ciel en 27 ou 28 habitations. Assurément on a dû se servir d'un moyen aussi simple pour observer le mouvement du plus brillant des astres, celui qui règle tout sur la Terre, et qui a reçu le culte

---

gné, cette coïncidence ne se reprodnisait plus à la même date civile dans les années suivantes, qui n'avaient toutes que 365*l*; l'anticipation était de plus de 1*l* tous les 4 ans, de 31*l* après 120 ans, etc.; et le Soleil ne revenait à la même date coïncider avec la même étoile qu'après 1417, et 2835 ans; 4 fois ce dernier nombre donne 11340; ainsi, après 11340 ans, le retour du Soleil à la même étoile s'était reproduit 8 fois à la même date. Un aussi remarquable résultat ne peut être dû au hasard, et montre que ces peuples connaissaient l'année sidérale et la précession des équinoxes avec une grande précision. Comme 11340 est 12 fois le produit 1.3.5.7.9 des cinq premiers nombres impairs, on a préféré sans doute énoncer la période dont il s'agit, à l'aide de 11340, plutôt que par le nombre 1417 ou 2835, qui donne d'ailleurs des périodes moins exactes : ce mode est conforme aux usages mystérieux des prêtres de cette époque. *Voyez* la note page 355, et les *Recherches sur les Sciences de l'Égypte*, par M. Fourier, page 17.

Les anciens nommaient *grande année* une période de 600 ans (p. 361), après laquelle le Soleil et la Lune revenaient à la même place relative. Or, en partant de la durée actuelle des années solaire et lunaire, on trouve plus d'un jour d'erreur dans cette hypothèse. Comme on connaissait la période chaldaïque et d'autres plus courtes et plus exactes, il est clair que le défaut du calcul était connu, et que la grande année de 6 siècles n'était qu'une approximation établie par prédilection pour le nombre 60, à moins qu'on ne pense qu'elle a été connue à une époque où les années solaire et lunaire étaient fort différentes de ce qu'elles sont aujourd'hui. L'origine en est antérieure au déluge, d'après le texte de Joseph (*Antiq.*, chap. 3). Bailly cherche à prouver, par la comparaison de plusieurs périodes anciennes, que le mois synodique était plus grand de 1",5 que de nos jours, ce qui avait lieu 4600 ans avant notre ère, et que l'année solaire était plus courte de 3' 10". Cette opinion suppose 14",6 pour l'accélération séculaire de la Lune; dans cette durée, l'astre décrit un arc de 8", nombre qui est moyen entre 7" que Mayer avait pris, et 9" qu'on préfère aujourd'hui.

le plus distingué. Les astres que le Soleil absorbait dans ses feux, et restituait ensuite au monde, ont attiré tous les regards; entre ce coucher et ce lever héliaques, est placé le lever cosmique, époque où le Soleil entre dans la constellation : ce phénomène a dû fixer l'attention des premiers observateurs. Puisqu'ils ont distingué d'une manière plus spéciale les constellations que le Soleil traverse dans sa route annuelle, ils ont donc remarqué les époques propres à chacun de ces passages. On prouve même, par le fait, que les Égyptiens ont suivi cette méthode, puisque, seuls de tous les peuples de l'antiquité, ils ont reconnu que Vénus et Mercure tournent autour du Soleil : ils savaient que Vespère et Phosphore sont une seule et même planète (Macrobe, *Somn. Scip.*, I, 9). On peut même aller jusqu'à penser que l'opinion du mouvement de la Terre avait été communiquée par les Égyptiens à Pythagore, dont les disciples reçurent la confidence et firent la révélation.

Le signe qu'occupe le Soleil chaque mois a donc dû plus tôt attirer l'attention des premiers astronomes que la constellation opposée. D'ailleurs on croit avoir des preuves que, depuis l'invention du zodiaque, le solstice s'est trouvé dans la Vierge, ce qui renverserait tout-à-fait l'hypothèse (*Voy.* p. 360, et Bailly, *Ast. anc.*)

On peut encore tirer des arguments des emblèmes hiéroglyphiques. L'esprit de ces sortes d'images est de composer des figures propres à indiquer les faits sous une forme symbolique. M. Jomard a étudié ce langage mystérieux, et y a reconnu des preuves de l'accord qui existe entre les figures zodiacales et les constellations où le Soleil s'est successivement trouvé aux solstices et aux équinoxes. Nous renvoyons aux mémoires que ce savant a publiés dans la *Collection égyptienne.*

Il est vrai que cette antiquité de 15 mille ans dément la chronologie reçue; mais l'Astronomie a aussi ses dates, qui sont bien plus certaines, puisqu'elles les prend dans le ciel, qui fournit tous les éléments de la mesure du temps. Pour le philosophe placé entre ces deux sortes de dates, le choix ne peut être douteux : il sait que le temps fait chaque jour oublier les événe-

ments anciens, et ensevelit nos monuments sous les ruines les uns des autres. Au reste, il est constaté que 2500 ans avant J.-C. l'Égypte était florissante; des temples d'une immense étendue, dont les murailles étaient couvertes de sculptures, et dont la majesté et l'étonnante solidité surpassent tout ce que les autres peuples ont fait, attestent une nation puissante, éclairée, et qui était versée dans les arts et les sciences. Combien a-t-il fallu de siècles pour que, de sauvages et dispersés, les hommes aient pu se réunir en société, se soumettre à des lois, cultiver les connaissances utiles! Les temps qui ont précédé la création de l'homme sont peut-être plus étendus encore (*). La Terre n'est jeune que pour les chronologistes, qui même ne s'accordent pas entre eux, et ne peuvent se dégager d'une foule de contradictions, encore moins rendre raison des faits physiques qui supposent au globe une haute antiquité; tels sont l'accroissement

(*) Les supputations d'années, que divers auteurs ont faites d'après les saintes Écritures, ne sont pas au nombre des vérités que ces livres sacrés nous enseignent, puisque les docteurs les plus révérés n'ont pas pu accorder ensemble les résultats de leurs calculs. Déjà un digne ecclésiastique, le P. Pezron, a vengé l'antiquité du monde, en lui restituant 20 siècles. Il m'est impossible de concevoir que la révélation et les vérités du Christianisme puissent jamais être intéressées dans une question de date. Les livres sacrés parlent de la Lune comme du plus grand luminaire après le Soleil; et cependant elle est un des plus petits corps célestes, et n'a qu'une clarté empruntée; le ciel et la Terre y sont regardés comme les deux principales parties de l'univers, quoique le ciel ne soit qu'une étendue immense, où notre globe n'est qu'un point. Ce langage est conforme aux idées vulgaires, comme on dit que le Soleil se lève et se couche, bien qu'on sache que son mouvement n'est qu'une apparence; on ne veut parler qu'aux sens, et se faire entendre de tous; il n'y a là rien qui intéresse la foi. La nature doit être étudiée en elle-même, et sans y mêler les doctrines religieuses. Il n'y a guère plus de deux siècles que, d'après une fausse interprétation de la *Bible*, on persécuta Galilée, à l'âge de 80 ans, pour avoir avancé que la Terre tourne; on traita d'hérésie une opinion qui aujourd'hui est au nombre des vérités démontrées, et qu'enfin on a consenti à admettre. Persuadé qu'il en est de même de l'ancienneté de la Terre, et même de la Terre civilisée, j'ai lieu de croire que nous sommes arrivés au temps où l'on pardonnera de même à l'opinion que j'ai émise.

lent et successif des montagnes volcaniques, de celles où on reconnaît incontestablement le séjour consécutif de l'eau des mers et des rivières; les attérissements formés par les alluvions des grands fleuves, etc. Nous rapporterons ici plusieurs faits intéressants qui justifient ce qui vient d'être dit.

Lancret a remarqué que dans l'île de Philæ, Haute-Égypte, les pierres qui ont servi à la construction du beau monument qu'on y admire, et qui remonte à la plus haute antiquité, sont sculptées non-seulement sur leur face extérieure, mais aussi sur celle qui est cachée dans le ciment qui les lie entre elles; il reconnaît que ce sont les mêmes pierres qui avaient été employées à élever un édifice beaucoup plus ancien, et dont les figures sculptées ayant cessé, dans des temps plus récents, d'offrir de l'intérêt, on les avait fait servir à de nouvelles constructions. (*Description de l'Egypte*, t. I, p. 19) :

« Voyez cette colonne; que de pierres en sont détachées! on dirait qu'elle va crouler! Mais l'intérieur de cette colonne, mais *les faces des pierres cachées dans la construction*, montrent, sous le ciment qui les enveloppe, des fragments de sculpture, des hiéroglyphes tronqués ou renversés, dont plusieurs ont encore conservé les couleurs dont ils étaient peints. Ainsi ce temple que nous jugeons déjà si ancien, est lui-même construit des débris d'un plus ancien édifice. Ainsi ces mêmes pierres, ces hiéroglyphes, ces couleurs pourraient avoir deux fois l'âge du temple. Et de combien de siècles encore ne faudra-t-il pas remonter dans le passé, pour arriver à l'origine des arts et de la civilisation qu'ils supposent. »

Et page 118 du même ouvrage « ... Nous ferons deux observations sur ce sujet. La première, c'est que les Égyptiens, si religieux, si respectueux pour tout ce qui était ancien, ne devaient pas se déterminer légèrement à détruire un temple. Il fallait sans doute pour cela qu'il fût bien dégradé, qu'il menaçât d'écrouler bientôt, ou que même il se fût en effet écroulé. Or si les monuments que nous voyons aujourd'hui, et dont les plus modernes ont au moins 2 ou 3 mille ans d'antiquité (M. Lancret les fait remonter à 2500 ans avant notre ère) sont

Google

cependant encore si intacts, et, pour ainsi dire, si neufs, combien ne faut-il pas supposer de siècles à ceux qui tombaient en ruine, lorsque l'on a construit le grand temple, le plus ancien de l'île?

» La deuxième observation, c'est que les sculptures des débris qui composent la colonne sont aussi parfaitement exécutées que celles des monuments les plus modernes; et, autant que l'on peut en juger par un petit nombre de figures, c'est le même système de décorations, la même pureté de ciseau; ce sont aussi les mêmes couleurs. Il faut donc concevoir, qu'à l'époque où ces monuments antérieurs ont été élevés, les arts étaient déjà parvenus au degré de perfection qu'ils n'ont guère dépassé depuis chez les Égyptiens; ce qui suppose que cette nation avait été réunie, et que sa civilisation avait commencé longtemps avant cette époque. »

Nous ajouterons à ces considérations judicieuses, que lorsqu'on parcourt le sol de l'Égypte, et qu'on y voit les masses immenses qui y ont été transportées, les monolithes énormes qu'on y avait travaillés et élevés, les vastes édifices qui font encore de nos jours le sujet de notre admiration, il faudrait être affligé d'un aveuglement étrange pour nier la haute civilisation de ces antiques contrées. Dans notre siècle, où les arts mécaniques sont portés à un degré extraordinaire de perfection, et qu'assurément les peuples anciens ne possédaient pas, voyez quelle peine, quels soins, quel génie même il a fallu développer pour dresser l'obélisque des Tuileries, pour élever les deux pierres de la façade du Louvre, pour monter les obélisques de Rome et d'Arles, dont plusieurs ont même été brisés; et osez ensuite refuser un art infini aux peuples qui ont réussi à tailler les carrières, à charrier les monolithes et à les dresser sur place! Et supposez ensuite, si l'on peut se résoudre à vous croire, qu'un petit nombre d'années ont pu suffire non-seulement pour exécuter de si grands travaux, mais même pour devenir capable de les entreprendre!

Si l'opinion de l'antiquité du monde, et même de la civilisation, a tant de peine à se faire admettre parmi nous, c'est la

suite d'un orgueil mal entendu, qui, après nous avoir inspiré l'idée que l'univers n'avait été créé que pour l'homme, nous a persuadé que les progrès des arts et des sciences sont très récents, et que nos ancêtres n'en avaient aucun usage. Et cependant le luxe des anciens monuments dont nous admirons les ruines est une preuve évidente de cette erreur. On cite à ce sujet ces paroles adressées à Solon par un prêtre égyptien : « O Athéniens! vous êtes semblables à des enfants; vous ne connaissez rien de ce qui est plus ancien que vous : remplis de votre propre excellence et de celle de votre nation, vous ignorez tout ce qui vous a précédé; vous croyez que ce n'est qu'avec vous et avec votre ville que le monde a commencé d'exister. »

Les débris qu'entraînent les fleuves se déposent et s'amoncèlent; le géologue cherche à connaître l'ancienneté de ces états, d'après le nombre des couches qui les forment, comme on lit l'âge des arbres écrit en cercles concentriques sur leurs troncs. Mais, pour arriver à une conséquence exacte, c'est à l'embouchure du fleuve qu'il faut prendre les éléments du calcul, et non pas dans les lieux où le courant a toute sa puissance, parce qu'une seule crue extraordinaire doit détruire l'ouvrage d'un grand nombre d'années précédentes. C'est ainsi que nous voyons sur le Rhin et la Loire se former des îles qui, bientôt après, cédant à l'impétuosité des eaux, disparaissent entièrement.

Des traditions de la plus haute antiquité rapportent que la mer formait un immense golfe aux lieux qu'occupe aujourd'hui le Delta; cette province, ainsi nommée à cause de sa forme, est le produit des attérissements du Nil; elle est la région la plus féconde de l'Égypte. Les fouilles profondes qu'on y a faites confirment cette assertion, et il n'est pas permis d'élever de doute à ce sujet. En 1249, du temps de Saint-Louis, Damiète était un port de mer, et maintenant cette ville est à une lieue et demie du rivage. Si les accroissements se font proportionnellement à la durée, la profondeur de 50 lieues, qu'a le Delta, a dû exiger 18,000 ans pour se former, puisqu'il a fallu 560 ans pour produire une lieue et demie.

Non-seulement ce résultat n'est point exagéré, mais même il doit être beaucoup au-dessous de la vérité. En effet, nous n'avons ici considéré que l'accroissement linéaire, et ce n'est pas ainsi qu'a pu se combler un golfe de 60 lieues de largeur. La bouche Niliaque, qui se rendait à Canope, et qui y a produit le grand attérissement qu'on y remarque, s'est encombrée, et le fleuve s'est créé un nouveau passage. L'embouchure s'est transportée à Rosette, où elle dépose depuis bien des siècles le limon qui y forme un autre promontoire. La branche canopique n'existe plus, et l'on trouve entre Alexandrie et Rosette un golfe qui subsistera jusqu'à ce qu'il soit comblé à son tour par un autre déplacement du fleuve. Que de siècles n'a-t-il pas fallu pour produire le Delta entier! Quel temps a pu suffire à un aussi grand travail!

Nous devons à M. de Prony un beau mémoire sur les attérissements du Pô, et les conséquences qu'il en tire paraissent inattaquables. Mais ici les débordements ne sont pas assujettis, comme ceux du Nil, à des retours annuels et périodiques; les effets du Pô ne peuvent être bien constants, ni applicables à d'autres localités, à un autre fleuve. En un mot, il n'est possible d'en rien déduire qui puisse se rapporter aux temps anciens du monde.

En explorant les carrières de la Thébaïde, d'où l'on tirait jadis les colonnes et les pyramides qui ornent avec profusion les temples d'Égypte et sont répandues sur tout le sol, M. Jomard a fait une remarque ingénieuse qui vient à l'appui de ce qui a été exposé. Dans ces carrières, on voit çà et là des masses qu'on a détachées avec d'immenses peines, et qu'on a abandonnées sans emploi : on remarque, sur les parois indestructibles, des milliers d'empreintes du ciseau qui a séparé les blocs de granit et les colosses qu'on en a enlevés. Ces traits, qui datent d'au moins 3000 ans, sont aussi vifs que s'ils venaient d'être frappés; le granit oriental y présente cette teinte de rose qui le distingue. Quel temps a-t-il donc fallu pour répandre ce vernis d'un noir luisant qui recouvre, un peu plus loin, les rochers que la main de l'homme n'a jamais attaqués, et en atteste la prodigieuse vétusté!

M. Béquerel ayant remarqué que les rochers granitiques du Limousin subissent une décomposition lente dans leur partie exposée à l'air, en conclut que ces rochers existent depuis au moins 60 mille ans ; car on observe une semblable dégradation sur la cathédrale de Limoges, et d'après la date de la construction de ce monument, et la profondeur de la décomposition actuelle qui est de 5 lignes, on trouve un peu plus d'un pouce en 1000 ans pour la vitesse de cette action. Comme les rochers sont actuellement atteints sur une profondeur de 5 pieds ou 60 pouces, cette vitesse donne 60 mille ans pour la durée de cette action.

La chute du Niagara présente une conséquence analogue : elle tombe du plateau supérieur du lac Erié par celui du lac Ontario, à la distance de 50^{m}. La chute se fait sur une couche calcaire qui s'excave de plus en plus par derrière la cascade, et laisse le plateau en surplomb, et le poids des eaux l'oblige continuellement à s'ébouler, ainsi dégarni de sa base. C'est estimer bien haut cette action que de la porter à un pied par an, en s'en rapportant à ce qui se passe aujourd'hui. Or la longueur totale du ravin est actuellement de 40 mille pieds, ce qui porterait à 40 mille ans le temps que la cascade a mis à creuser ce canal ; encore doit-on considérer que plus il se creuse, plus la chute a de puissance et doit produire de dégradations.

Les volcans offrent aussi des preuves d'une haute antiquité.

Pichetti, architecte napolitain, faisant creuser un puits près de Pompéia, en 1689, trouva onze couches alternatives de lave et de terre végétale ; la 4e de ces couches, à 15 pieds de profondeur, date de 1750 ans, puisqu'elle est le produit de la terrible explosion de l'an 79, qui engloutit Herculanum et Pompéia ; c'est du moins ce qu'attestent les inscriptions latines qu'on y a trouvées, et le sol même de cette dernière ville qu'on a depuis mis à découvert. Les sept autres couches sont le produit des éruptions antérieures et de longues rémissions du volcan de la Somma, que les Romains avaient toujours regardé comme un volcan éteint (*). Un

(*) On a trouvé à 200 pieds sous terre, des laves à la base de la Somma,

long intervalle règne entre l'éruption de 79 et les précédentes, puisque les traditions, même les plus anciennes, ne faisaient mention de l'existence d'aucun feu volcanique dans ce pays; le Vésuve s'est formé en cette même année, et toutes les couches inférieures sont produites par la Somma.

Voilà bien des siècles écoulés, et nous ne sommes encore qu'à la 5e couche. Plus on descend, plus la densité des terres s'accroît. Le président de Brosse (*Lettres crit. et hist. sur l'Italie*) évalue à 8,000 ans au moins le temps nécessaire à ce travail de la nature. Comme on a trouvé l'eau à la onzième couche, il n'a pas été possible d'aller au-delà, et même ce calcul suppose que cette couche était le sol naturel du globe.

Nous voyons, dans le voyage de Swinburn, que Recupero, chanoine sicilien, qui avait passé sa vie à étudier l'Etna, considérant l'état des différentes couches de lave, attribuait à ce volcan 20 mille ans d'existence. Aussi, M. Denon remarqua à Centorbi, sur une montagne qui est voisine de l'Etna, que le grès y est mêlé de tuf marin. « J'ai vu, dit-il, dans une des » places de la ville, le sol formé de concrétions marines mêlées » de coquillages. En creusant, on trouve sous la terre végétale » le tuf avec les concrétions, ensuite le grès dont je viens de » parler; plus bas des scories et des laves; et si l'on creusait encore plus avant, on retrouverait sans doute la lave qui forme » la base de la montagne. Quel bouleversement dans le globe » annonce cet ordre de matières! Quelle antiquité il donne au » volcan qui a produit cette lave, qui a pu être recouverte de » concrétions marines à 600 pieds au-dessus un niveau actuel » de la mer. »

---

et même on en exploite une carrière à Cisterne. Ces laves ne peuvent être venues du Vésuve, puisqu'elles sont de l'autre côté de la Somma, qui est bien plus élevée, et qu'il y a une vallée entre ces deux montagnes. La lave est, comme on sait, une matière enflammée et coulante, et non une substance projetée. Voilà donc encore des produits volcaniques qui remontent à des temps sur lesquels la tradition même n'apprend rien. Le Vésuve n'est qu'une érosion faite à la partie latérale de la Somma en 79, et que les éruptions perpétuelles accroissent sans cesse.

Ailleurs, dans le même ouvrage (*Voyage en Sicile*), M. Denon parle des écueils que la mer présente près du château d'Iaci, qui sont des masses de lave : « Il est aussi impossible de con-» cevoir comment ces masses se sont isolées, et ont laissé entre » elles des gouffres d'une profondeur qui en fait paraître l'eau » noire comme de l'encre, quoiqu'elle soit plus limpide là que » je ne l'ai vue ailleurs. Il faisait un calme parfait, et nous » fîmes le tour de chacun de ces écueils. Le principal est tra-» versé horizontalement d'une lave grise, qui est venue recou-» vrir la noire dont les autres sont formées; il y a lieu de » croire que cette énorme lave est sortie d'un volcan dont on » reconnaît le cratère sur le bord de la mer. Mais quelle » cause, etc. »

Si ces volcans en activité perpétuelle remontent à une aussi haute antiquité, que dira-t-on de ceux d'Auvergne, qui sont éteints depuis un temps immémorial, de la grotte de Fingal, de la Chaussée des Géans, de ces immenses colonnes basaltiques qu'on voit en Écosse, et de tant d'autres lieux qui portent l'empreinte des éruptions passées, et qui ont fait croire aux philosophes volcaniens que le globe entier était un produit igné !

Fables relatives aux Planètes, au Soleil et à la Lune.

252. Le Ciel a de tout temps reçu l'hommage des peuples, et les astres y ont participé selon leur importance. Comme les hommes préfèrent toujours le merveilleux au vrai, les prêtres ont profité de cette disposition d'esprit pour assurer leur puissance, en faisant servir la science de base aux emblèmes mystérieux qu'ils inventaient : c'est ainsi qu'aux vérités de la nature sont liées des fables qui la défigurent. Ces erreurs étant de tous les pays et de tous les temps, ont acquis l'autorité de la raison.

Le Ciel, qu'on a nommé *Atlas*, *Uranus*, est immuable, éternel; les étoiles sont ses yeux, dont le nombre est immense,

mais invariable. Uranus n'engendre plus d'enfants, il n'en peut perdre aucun.

253. Chaque PLANÈTE était désignée par une lettre; en rangeant ces corps dans l'ordre de leurs distances supposées (*voyez* note, page 134), ces caractères représentatifs étaient :

Saturne,	*Jupiter,*	*Mars,*	*le Soleil,*	*Vénus,*	*Mercure,*	*la Lune.*
Ω,	Υ,	O,	I,	H,	E,	A.

Le Soleil semblait placé au milieu des mouvements pour en régler la marche; de là il gouvernait l'univers. On supposait que les planètes roulaient autour de la Terre dans des sphères concentriques de cristal. Le monde était désigné par les lettres extrêmes A et Ω : la lettre I du Soleil, jointe à celles-ci, a formé le nom IAΩ du dieu de la lumière, de Bacchus, d'Osiris, etc., d'où l'on a tiré depuis les mots *Iévo, Jeova, Iova, Jovis, Jovis pater* ou *Jupiter*.

Les douze grands dieux présidaient chacun à un signe du zodiaque, savoir :

♈ *Minerve,* ♉ *Vénus,* ♊ *Apollon,* ♋ *Mercure,* ♌ *Jupiter,* ♍ *Cérès,*
♎ *Vulcain,* ♏ *Mars,* ♐ *Diane,* ♑ *Vesta,* ♒ *Junon,* ♓ *Neptune.*

Lanigerum Pallas Taurum Citherea tuetur,
Formosus Phœbus Geminos, Cyllenie Cancrum,
Jupiter et cum matre Deûm, regis ipse Leonem;
Spicifera est Virgo Cereris, fabricataque Libra
Vulcano; pugnax Mavorti Scorpius hæret.
Venantem Diana virum, sed partis equinæ;
Atque angusta fovet Capricorni sidera Vesta;
Et Jovis adversum Junonis Aquarius astrum est;
Agnoscitque suos Neptunus in æquore pisces.

MANIL., II, 439.

SATURNE est un fils d'Uranus. Cet astre, lent dans sa marche, engendre les périodes les plus longues, et mesure la durée qui voit naître et périr plus d'êtres. Il préside au temps, détruit, comme lui, ses propres enfants, en prend les ailes et le nom, *χρόνος*. On le représentait sous la figure d'un vieillard, les pieds fixés par des entraves, dont on ne le délivrait que le jour de sa fête. Il était adoré sous les noms de *Remphan, Phaënon*......

Jupiter, remarquable par son éclat, remplaça son père Saturne sur le trône de l'univers; il en désigne toutes les parties, l'air, le ciel, le Soleil, ... selon celle de ses attributions qu'on envisage, ou le pays qui l'adore; il est le même qu'*Hercule*, *Bacchus*, *Osiris*, *Pluton*, *Baal*.....

Mars, d'un rouge de sang, et placé plus près du Soleil, sembla animé des feux de la colère, qui provoque aux combats : c'est le dieu *Moloch*, *Pyrœis*....

Vénus brille d'une lumière blanche et vive, même durant le jour; elle devance l'aurore ou suit le crépuscule, fuyant tour à tour et faisant fuir la lumière. On crut qu'elle produisait les rosées fécondantes du matin et du soir; on en fit la déesse de la Génération, de la Beauté et des Amours. On l'adorait sous les noms d'*Astarté*, d'*Astaroth*....

Mercure, à cause de la rapidité de sa course, a été pris pour symbole de la vitesse et de la légèreté; on en fit le dieu du mouvement; il régla celui de l'univers, et présida à l'Astronomie. Satellite inséparable du Soleil, il est comme le ministre du premier des dieux, et passe pour son secrétaire, pour l'inventeur des lettres et le dépositaire de toutes les connaissances humaines. C'est le dieu *Stilbon*, *Nébo*.....

Quant aux comètes, les anciens ne les ont regardées que comme des météores apparaissant dans l'atmosphère, et les erreurs de l'astrologie se joignant aux idées superstitieuses, ils attribuaient à ces astres la vertu de pronostiquer les grands événements. Les auteurs sont pleins de récits exagérés qui attestent cette opinion. Une comète vint annoncer la mort de Mithridate, une autre la mort de César, une autre celle de Néron; car on ne croyait les comètes réservées qu'à la destinée des personnages élevés en dignité. Suétone (*Vie de Néron*, ch. 36), qui, par sa foi sincère aux oracles, aux présages et aux augures, offre, dans sa bonhomie même, la preuve de l'état de faiblesse d'esprit du peuple romain de son siècle, s'exprime ainsi sur une comète apparue à la fin du règne de Néron : *Stella crinita, quæ summis potestatibus exitium portendere vulgo putatur, per continuas noctes oriri cœperat. Anxius eâ re, ut ex Babylo*

astrologo didicit, solere reges talia ostenta cæde aliquâ illustri expiare, atque a semet in capita procerum depellere : nobilissimo cuique exitium destinavit, etc. Ce que ce passage offre de plus remarquable, c'est que le présage sembla à Néron si vrai et si redoutable, qu'il crut devoir redoubler de cruauté pour le détourner. Tant il est vrai qu'une idée fausse cause quelquefois d'affreux malheurs, et qu'elle est le plus funeste des fléaux, quand elle germe dans la tête d'un homme qui a la puissance de faire le mal.

284. Le Soleil était adoré comme auteur de la lumière, de l'ordre, de la fécondité ; la Lune, comme destinée à recevoir l'impression de cet astre dans ses conjonctions, et à en transmettre l'influence à la Terre.

Le Soleil est de tous les astres celui dont les bienfaits sont les plus remarquables : par sa chaleur, tout s'organise, prend la vie, croît et atteint la perfection ; sa lumière nous découvre le spectacle de notre globe, qui, sans elle, serait enseveli dans une nuit éternelle. Aussi les peuples érigèrent-ils des autels au Soleil. Il est *Osiris* en Égypte, *Adonis* en Phénicie, *Athys* en Lydie, *Bacchus*, *Apollon*, *Hercule*, *Thésée*, etc. Cette multitude de divinités dans un seul être, considéré sous divers attributs, ne doit pas surprendre, lorsqu'on remarque que chaque peuple dirigeait son culte d'après ses erreurs, d'après des phénomènes physiques propices ou nuisibles, et le modifiait encore par l'influence des préjugés et des pays voisins. Car, comme l'observe Volney (*Ruines*, fin du chap. II) : « L'histoire entière de l'esprit religieux n'est que celle des incertitudes de l'esprit humain, qui, placé dans un monde qu'il ne comprend pas, veut cependant en deviner l'énigme, et qui, spectateur toujours étonné de ce prodige mystérieux et visible, imagine des *causes*, suppose des *fins*, bâtit des systèmes ; puis, en trouvant un défectueux, le détruit par un autre non moins vicieux ; hait l'erreur qu'il quitte, méconnaît celle qu'il embrasse ; repousse la vérité qu'il appelle ; compose des chimères d'êtres disparates ; et, rêvant sans cesse sagesse et bonheur, s'égare dans un labyrinthe de peines et d'illusions. »

On a aussi regardé la lumière comme la source du bien, les ténèbres comme celle du mal. Le monde livré tour à tour au jour et à la nuit, parut partagé entre deux grandes puissances: l'une présidait à l'ordre, à la génération : c'était *Ormusd, Osiris, Jupiter;* l'autre au désordre et à la destruction : c'était *Arhimann, Typhon* (*). Tant que le Soleil était dans les signes inférieurs, plus voisin du pôle austral, où on plaçait les enfers (*Inferi*), le prince des ténèbres triomphait.

Mundus, ut ad Scythiam, Riphœasque arduus arces
Consurgit, premitur Libyæ devexus in austros.
Hic vertex nobis semper sublimis; at illum
Sub pedibus Styx atra videt, manesque profundi....
Illic, ut perhibent, intempestiva silet nox
Semper, et obtentâ densatur nocte tenebræ;
Aut redit a nobis Aurora, diemque reducit.

Géorg., I, 249.

Le globe vers le nord, hérissé de frimats,
S'élève et redescend vers les brûlants climats.
Notre pôle des cieux voit la clarté sublime;
Du Tartare profond l'autre touche l'abîme....
Le pôle du midi, noir séjour du silence,
N'offre aux tristes humains qu'une éternelle nuit:
Peut-être en nous quittant Phébus chez eux s'enfuit.

DELILLE.

Mais, à l'équinoxe du printemps, le Soleil, ramenant les longs jours et la végétation, reprenait l'empire sur son ennemi. Ce passage était autrefois annoncé par le lever héliaque de la Chèvre et du Cocher, qu'on regardait, par cette raison, comme l'effroi des Titans.

Le Soleil était *Orus* au printemps, *Osiris* en été, *Harpocrate* à l'automne, *Sérapis* en hiver, et changeait ainsi de nom et de culte avec les saisons; on le nommait encore *Jupiter* dans les

(*) L'oracle d'Apollon, à Claros, dit que l'Être-Suprême s'appelle Jupiter au printemps, Soleil en été, Iao en automne et Pluton en hiver. V. *Antiq. dévoilée*, où sont réunies les preuves que les dieux du paganisme n'étaient que des modifications du même être, et que le polythéisme n'était qu'une erreur des peuples, que ne partageaient ni les prêtres, ni les savants, ni les initiés.

signes supérieurs, *Pluton* dans les signes inférieurs. Il avait pour symbole un Serpent, dans le dernier cas ; un Taureau (*Apis*, *Mythra*), ou un Bélier (*Ammon*) dans le deuxième, à raison des constellations où le Soleil se trouvait alors. Le Serpent, ce dangereux reptile, occupe les trois signes de la Balance, du Scorpion et du Sagittaire, et semblait autrefois régner au ciel durant les longues nuits d'hiver et le temps de la destruction.

Par l'effet de la précession, le Soleil a occupé, à l'époque du solstice d'été, divers signes successifs, mais la plupart des fables ont été établies lorsque le Soleil était au printemps dans le Taureau, l'été dans la Lion (il y a 4 à 5 mille ans); ces deux animaux servirent d'emblème à cet astre. Il ne faut donc pas perdre cette époque de vue dans toutes les explications qui vont être données des fictions mythologiques. Alors, mille ans au moins avant Hésiode et Homère, Hercule avait des temples à Tyr et à Thèbes, au rapport d'Hérodote. La belle étoile du Cœur du Lion commençait la marche de l'année solsticiale, et semblait le chef des mouvements célestes, ce qui lui a valu le nom de *Régulus*. On appela *royales* les quatre étoiles qui ouvraient les saisons, Régulus, Antarès, Fomalhaut et Aldébaran. Les équinoxes répondaient alors au Taureau et au Scorpion, les solstices au Lion et au Verseau ; les fameux zodiaques d'Eléphanta et de J. Call (page 360) suivent cette disposition.

288. Les Égyptiens partageaient chaque signe du zodiaque en trois parties égales, ou espace de 10°, auquel présidait une divinité nommée *Éphore* ou *Décan*, qui était chargée de gouverner l'univers pendant les 10 jours que le Soleil employait à décrire cet intervalle.

On croit que c'est bien postérieurement à l'institution primitive des décans, qu'on a réparti la puissance entre les sept divinités planétaires, chacune à son tour et dans l'ordre accoutumé (n° 282). Mars présidait au 1er décan du Bélier, le Soleil au 2e, Vénus au 3e, Mercure au 1er décan du Taureau, la Lune au 2e, Saturne au 3e, et ainsi des autres. Voici le ta-

bleau de cette distribution de pouvoirs : (*V.* la note page 134.)

Mars,	1er ♈	2e ♊	3e ♌	1er ♏	2e ♑	3e ♓
Soleil,	2 ♈	3 ♊	1 ♍	2 ♏	3 ♑	
Vénus,	3 ♈	1 ♋	2 ♍	3 ♏	1 ♒	
Mercure,	1 ♉	2 ♋	3 ♍	1 ♐	2 ♒	
Lune,	2 ♉	3 ♋	1 ♎	2 ♐	3 ♒	
Saturne,	3 ♉	1 ♌	2 ♎	3 ♐	1 ♓	
Jupiter,	1 ♊	2 ♌	3 ♎	1 ♑	2 ♓	

Considérant ensuite les constellations extra-zodiacales, ils nommèrent *Paranatellons* celles de ces figures qui bordent l'horizon au même instant où y arrive aussi l'un des signes du zodiaque. Ces aspects servent de base aux principales fables. L'astre qui se lève est dit triompher de celui qui se couche, ou bien ce dernier donner naissance à l'autre. C'est ainsi que s'explique cette énigme sacrée, *Taurus Draconem genuit, et Taurum Draco;* le Taureau a donné naissance au Dragon, qui à son tour a engendré le Taureau. On disait, dans les mystères de Cérès, aux initiés, que le Taureau avait engendré Proserpine, et que ce mariage avait donné naissance à un taureau. En effet, le Taureau, en se couchant, fait lever le Serpent, qu'on prenait pour Proserpine, et réciproquement. Lorsque deux constellations voisines se lèvent successivement, on dit qu'elles se poursuivent, ou que l'une enlève l'autre, ou enfin la fait naître. En voici un exemple : Comme la constellation du Bouvier se couche quand les Pléiades se lèvent, que le Bouvier est Atlas, et que le soir est Hespéris, on a dit qu'Atlas ayant épousé Hespéris, en eut sept filles, qui sont les Pléiades.

Les trois paranatellons du Cancer sont le grand et le petit Chien et la Couronne, parce que les trois premiers se lèvent ensemble quand celle-ci se couche. Les deux Chiens sont les astres d'Isis, déesse qu'on adorait sous les traits de la Lune. En considérant donc la pleine Lune dans le Cancer, on a dit qu'Isis ayant quitté les enfants des Gémeaux, avait trouvé deux chiens et une couronne jetée au bord de la mer.

L'acception du mot *Paranatellon* est plus générale que sa définition (παρα ἀνατέλλων, *se levant ensemble*), puisque cette

définition se rapporte à tous les astres qui bordent en même temps l'horizon, soit au levant, soit au couchant. Du reste, on conçoit que ce système d'astres doit varier avec les temps et les lieux : la précession change non-seulement les levers et les couchers héliaques, mais même la relation mutuelle des astres avec l'horizon. En passant sous une autre latitude, il est clair qu'on voit aussi se lever et se coucher ensemble des étoiles différentes, puisque l'aspect entier du ciel n'y est pas le même, et qu'on acquiert d'un côté la connaissance de quelques astres, tandis que, de l'autre côté, il en est qu'on cesse de voir.

C'est d'après cette considération, que MM. Jollois et Devilliers ont prouvé très simplement que la sphère dont nous devons la connaissance à Ératosthène, n'est point le fruit de ses observations : il ne peut avoir vu le ciel qu'il décrit, à Alexandrie, 255 ans avant J.-C.; c'est sous le parallèle d'Esné et au temps où les monuments de cette ville ont été construits, qu'il faut remonter (2800 ans avant J.-C.). Thèbes florissait alors, et cette cité, voisine d'Esné, célèbre dans toute l'antiquité, et dont les vastes ruines attestent la splendeur, était assurément le séjour des astronomes auxquels nous devons les connaissances que les Grecs nous ont communiquées. Ainsi Ératosthène s'est contenté de copier les manuscrits égyptiens dont la garde lui était confiée à Alexandrie, et il l'a fait sans connaissance et sans discernement, adoptant par respect pour ses prédécesseurs des erreurs qui prouvent leur savoir et son ignorance. Cette sphère n'est donc pas plus l'ouvrage d'Eratosthène, que celle d'Eudoxe n'est due à ce dernier (*v.* p. 345), qui vivait 370 ans avant notre ère, et a décrit un ciel de 1000 ans antérieur au sien (nº 245). Une partie de la sphère de Méthon se rapporte à l'état du ciel 500 ans avant lui.

286. Au reste, les paranatellons ne sont pas la seule clé des allégories mythologiques : plusieurs fables reposent sur des évé- ou des catastrophes, ou des phénomènes physiques. Nous en citerons deux exemples.

I. Suivant les Égyptiens, un jour Osiris quitta son épouse Isis

dont il alla trouver l'ennemie, Nephtys, et il en eut un fils. Isis abandonnée poursuivit son époux, qui, dans sa fuite, laissa, pour preuve de son infidélité, sa belle couronne de fleurs et son vêtement sur le lit de Nephtys. Dans les fables, Osiris est pris pour l'action fécondante, le Soleil d'été, le Nil débordé, etc.; Isis est la substance fécondée, la terre fertile... Enfin, Nephtys est la matière stérile, les sables, le désert, etc. Ainsi notre allégorie se traduit en ces termes : Dans une année, l'inondation du Nil fut si considérable, que le fleuve se répandit jusque dans le désert, qu'il féconda, laissant, après sa retraite, les sables couverts de fleurs de lotus et de végétaux inconnus à cette contrée.

II. L'année civile égyptienne était de 365 jours, et, à leur avénement au trône, les rois juraient de ne jamais consentir à l'intercalation des bissextiles (*). Cette *année vague* recommence un jour plus tôt que la solaire tous les 4 ans, 2 jours après 8 ans, etc., enfin 365 jours, ou un an, après 365 fois 4 ans ou 1460 ans. Donc, l'année solaire, supposée de 365^j $\frac{1}{4}$, revenait concorder après 1461 années vagues. (*V.* page 132.)

Le jour initial de l'année civile parcourait donc lentement l'année solaire par une marche rétrograde; les saisons, les travaux d'agriculture, et les fêtes qui s'y rapportent, ne pouvaient pas, comme chez nous, être liés à des dates immuables. L'inondation, ramenée périodiquement par l'été, arrivait à une date qui reculait d'un jour tous les quatre ans dans le calendrier civil. Le Soleil atteint le solstice d'été; quelques jours après, on voit le Nil s'enfler, et bientôt il commence à déborder, et se répand sur les campagnes (n° 248). Il fut nécessaire de chercher au ciel, si serein dans ces climats, un signe propre à

(*) L'année était partagée en douze mois, dont voici les noms :

TOTH, FAOFI, ATHYR, COYAK, TYBI, MECHIR,
FAMENOTH, FARMOUTI, PACHON, PAYNI, EPIFI, MESSORI.

Chaque mois était de 30 jours, et l'année était complétée par 5 complémentaires, comme on l'avait rétabli dans le Calendrier de nos temps républicains.

annoncer le retour de ce phénomène important. Les levers ou conchers héliaques de Fomalhaut, de Canopus, et surtout de Sirius, ont servi à cet usage. Le lever du matin de Sirius, qu'on nommait alors *Sothis*, annonçait à l'Égypte l'époque du solstice et l'approche de l'inondation du Nil. Cette belle étoile, qu'on avait long-temps vue briller durant la nuit entière, puis disparaître dans les feux du couchant, semblait revenir le matin pour avertir les hommes du retour d'un phénomène bienfaisant, dont on la croyait l'auteur (n° 292).

Ce n'était donc que tous les 1461 années égyptiennes que le lever héliaque de Sirius, ou *Sothis*, ou *Canis*, était ramené au même jour de l'année civile, et que le Soleil occupait les mêmes points de l'écliptique aux mêmes dates. Cette période qui, équivant à 1460 années solaires de 365^j $\frac{1}{4}$ constituait la *période sothiaque* ou le *cycle circulaire*. Selon Fourier (tom. IX, p. 29 de la *Description de l'Égypte*) l'année sothique avait, à Thèbes, la durée de 365^j $\frac{1}{4}$; à fort peu près, 2000 ans avant notre ère : le retour de la coïncidence des deux années vague et caniculaire, avait lieu au bout de 1461 années vagues, 1460 années caniculaires. L'époque — 2000 est celle du minimum de l'année sothique, laquelle a par conséquent dû rester très près de 365^j $\frac{1}{4}$, pendant beaucoup de siècles (12 siècles environ). Cette durée dépasse l'année sidérale, et en est alternativement dépassée : aussi, l'état ci-dessus indiqué ne convient-il qu'à Thèbes et vers l'an 2000 avant notre ère.

La fable du *Phénix* paraît n'être qu'une allégorie relative à cette sorte de cycle. Comme dans les Indes et en Arabie on suivait l'année intercalaire, qui s'accorde avec la marche du Soleil, on disait qu'après une vie errante de 1461 ans, le phénix arrivait des Indes dans le temple du Soleil à Héliopolis, pour y mourir, brûlé par les feux de cet astre; mais qu'il renaissait aussitôt de ses cendres, et recommençait une nouvelle arrière de 1461 ans (*).

(*) Un des voyageurs de l'expédition d'Égypte a remarqué sur plusieurs monuments l'image même du phénix, telle qu'elle est dépeinte par les historiens, accompagnée d'une étoile qu'il croit être de Sirius; et il a conjec-

Cette renaissance était consacrée par des fêtes magnifiques. On joignait à cette fiction des idées superstitieuses ; on supposait que, durant 1461 ans, tous les phénomènes naturels possibles et tous les événements politiques étaient compris, parce qu'on croyait que ceux-ci dépendent des aspects célestes, et qu'on imaginait que tout devait se reproduire dans le même ordre; de là cette opinion du retour de l'âge d'or, que les poètes ont consacrée (*).

---

turé que l'érection de ces monuments date d'un renouvellement de la période sothiaque (*Descript. de l'Égypte, Antiq., Des.*, chap. V, p. 29). Du resto, on supposait de grandes vertus au nombre 365 ; c'est par là que le mot *Abraxas* était révéré, attendu que, d'après l'ancienne numération grecque, ce nom désigne 365 (α vaut 1, β 2, ρ 100, σ 200, ξ 60). La période 1461 années égyptiennes a donné naissance à la célèbre révolution de 36525 ans, car ces 1461 ans valent 1460 années juliennes, et 25 fois 1461 font 36525, nombre précisément égal à autant de siècles que l'année solaire a de jours.

(*) L'églogue IV *Sicelides musæ.....*, composée 38 ans avant J.-C., et adressée à Pollion, est une flatterie en l'honneur d'Auguste. Virgile suppose que c'est sous le règne de cet empereur qu'on verra se réaliser l'opinion du retour de l'âge d'or.

Incipiunt magni procedere menses....
Ultima cumæi venit jam carminis ætas :
Magnus ab integro sæclorum nascitur ordo.
Jam redit et virgo, redeunt Saturnia regna :
Jam nova progenies cœlo dimittitur alto...
Alter erit tùm Typhis, et altera quæ vehat Argo
Delectos heroas : erunt etiam altera bella,
Atque iterum ad Trojam magnus mittetur Achilles....

Du naissant univers voici les premiers jours ;
Les siècles écoulés recommencent leurs cours ;
Déjà revient Thémis et Saturne avec elle ;
Du haut des cieux descend une race nouvelle....
Sous un autre Typhis, aux champs de la Colchide,
Un autre Argo conduit une élite intrépide.
La guerre, encor la guerre ! et toi, tremble, Ilion :
Le grand Achille vole à ta destruction. TISSOT.

Le *Carmen seculare* d'Horace, composé pour les jeux séculaires qu'Au-

Sous le règne de Sésostris, ou, selon d'autres, dans les temps fabuleux d'Hercule, Thésée, Laïus, Jupiter..., 1322 ans avant notre ère, la période sothiaque s'est renouvelée, ainsi que sous le bon Antonin, le 20 juillet de l'an 139 (selon Fourier, t. IX, p. 27 de la *Description de l'Égypte*), et sous Henri IV, en 1598. Ces trois règnes heureux, que le hasard a placés aux époques du retour présumé de l'âge d'or, justifieraient presque l'an-

guste fit célébrer 17 ans avant notre ère, est oncore nne allusion à la renaissance du Soleil, et, avec lui, du bonheur de l'univers.

Jam fides et pax, et honor, pudorque
Priscus, et neglecta redire virtus
Audet; apparetque beata pleno
Copia cornu.

Boullanger (*Ant. dévoil.*) prouve que les oracles des Sybilles, l'institution des diverses fêtes publiques, un grand nombre d'usages civils et d'erreurs populaires, se rapportaient à la croyance du retour des mêmes événements, soit heureux, soit malheureux, après de certains périodes. On alla même jusqu'à supposer qu'on pouvait hâter ce retour pour échapper aux maux. C'est pourquoi on consultait les livres de la Sibylle chaque fois qu'on voulait arrêter quelqne calamité. Bonllanger attribue à cette opinion l'usage d'enfoncer un olou dans les murs du Capitole pour détourner la colère des dieux. Avant de connaître l'art d'écrire, les Romains n'avaient d'autre méthode de marquer les temps écoulés qu'en fichant un clou dans les murs du temple de Minerve. On indiquait ainsi à chaque clou qu'on entrait dans un nouveau période. Lorsqu'on voulait abandonner une époque désastreuse, on croyait avancer le terme des malheurs en répétant l'acte qui signalait la limite de cette durée. Boullanger croit aussi qu'on doit rapporter à cette même erreur l'usage où sont encore les Juifs de changer de nom dans les temps de calamités.

L'opinion de la fin du monde, ajoute ce savant, de son renouvellement, du retour de l'âge d'or, était répandue dans toutes les religions de l'antiquité. Tontes les nations attendent un monarque futur, ayant le Soleil pour symbole. Les Juifs croient qn'Élio et Énec reviendront sur la Terre pour précéder *ce Soleil de justice, ce Dieu de la fin des temps.* De là il fait dériver l'usage de tourner vers l'orient, ou la porte des temples, pour que lo Soleil en trouve aisément l'entrée, ou le sanctuaire, usage bien plus moderne, pour que les adorateurs aient le visage tourné vers l'orient; de là aussi les fêtes du solstice d'hiver, à la renaissance de l'astre du jour, et ce reste d'idolâtrie des premiers chrétiens, qui célébraient le jour de Noël en se tournant vers le Soleil levant.

tique opinion, si l'on pouvait encore croire aux rêves de l'Astrologie, et chercher ailleurs que dans le cœur des princes la source du bonheur des peuples.

287. Expliquons maintenant la fable du Soleil considéré sous les traits d'Hercule. Nous devons ici nous contenter d'esquisses rapides ; ce qui précède suffit pour l'intelligence de cette fable, et de plus amples détails seraient superflus. On peut d'ailleurs consulter l'*Origine des Cultes*, par Dupuis.

Une heure avant le lever du Lion, on voit la constellation d'Hercule se coucher, au lieu même où le soir le Lion va disparaître ; autrefois le solstice d'été arrivait quand le Soleil était dans le Lion ; le coucher du matin d'Hercule était donc l'annonce de ce solstice ; c'est de là même que cette dernière constellation tire son nom. On figure le héros agenouillé, comme prêt à descendre sous l'horizon, foulant à ses pieds le Dragon polaire, et revêtu d'une peau de lion : dans l'une de ses mains est un rameau chargé du fruit des Hespérides ; dans l'autre est une massue. Ces attributs caractérisent la force du Soleil solstitial, ou se rapportent aux douze travaux, qui, d'après Porphyre, ne sont que les passages du Soleil dans les douze constellations du zodiaque. C'est ce que nous allons vérifier, en suivant Hercule dans tous les actes de sa vie, pris dans l'ordre de leur succession.

Agé de dix mois, il étouffe à minuit deux énormes serpents que Junon avait suscités contre lui. Le lever héliaque d'Hercule doit être regardé comme l'instant de la naissance du héros qui, après avoir été long-temps invisible, apparaît de nouveau. Le Soleil est alors au milieu du Scorpion, dédié à Mars (n° 283) : dix mois après, l'astre est aux deux tiers de la Vierge. Or, en plaçant ce point au méridien inférieur, pour avoir la situation du ciel à minuit, on remarque que les deux serpents célestes sont entièrement déployés sous l'horizon. Cette situation de la sphère est même la seule où ces deux grandes constellations, l'Hydre et le Serpent, soient à la fois cachées, tandis qu'Hercule est visible vers l'occident, et que le Lion va se coucher.

Passons maintenant aux *douze travaux* auxquels Hercule fut condamné par Junon avant d'obtenir l'immortalité. L'explication astronomique n'est pas toujours aussi directe, mais il suffit qu'elle soit souvent claire, et que ces travaux se présentent tous les douze dans l'ordre même où la Fable dit qu'ils ont été accomplis. Prenons-les donc tour à tour dans cet ordre, et remarquons l'aspect correspondant qu'offre le ciel, lorsque le Soleil parcourt les signes successifs du zodiaque, à partir du Lion.

1°. ♌. L'entrée du Soleil dans le *Lion* solsticial, qu'il fait disparaître en le couvrant de ses feux, est la Victoire sur le *Lion de Némée*.

2°. ♍. A mesure que le Soleil s'avance, il traverse le Cancer, le Lion et la *Vierge*, les diverses parties de l'Hydre s'éclipsent tour à tour; d'abord la tête, puis le corps, et enfin la queue ; mais alors la tête reparaît dans son lever héliaque. C'est le triomphe sur l'*Hydre renaissante du lac de Lerne*, qu'Hercule brûla, après avoir écrasé l'Écrevisse qui la secondait.

3°. ♎. Le Soleil traversant la *Balance*, au temps des vendanges, couvre le Centaure de ses feux : la fable dit que le Centaure Chiron, ayant reçu Hercule, en avait appris l'art de faire le vin. Elle ajoute que, dans une dispute causée par l'ivresse, le peuple des Centaures avait voulu tuer l'hôte d'Hercule, ce qui avait forcé le héros à les combattre ; ceci paraît relatif au coucher du soir du Sagittaire. Enfin, dans une chasse, il avait vaincu un monstre nommé le *Sanglier d'Érymanthe*, qu'on croit se rapporter au lever du soir de la grande Ourse.

4°. ♏. Cassiopée, qu'on figurait aussi par une biche, se plonge le matin dans les flots, quand le Soleil est dans le *Scorpion*, ce qui arrivait à l'équinoxe d'automne; c'est cette *Biche aux cornes d'or* que, malgré son incroyable vitesse, Hercule fatigua à la course, et prit au bord des eaux où elle reposait.

5°. ♐. Au lever du Soleil, dans le *Sagittaire*, l'Aigle, la Lyre (ou le Vautour) et le Cygne, placés dans le fleuve de la voie lactée, disparaissent tour à tour dans les feux de cet astre : ce

sont les *oiseaux du lac Stymphale* chassés d'Arcadie par Hercule, dont la flèche est placée entre eux.

6°. ♑. Le *Capricorne,* ou le Bouc céleste, est baigné sur le devant par l'eau du Verseau : ce sont les *écuries d'Augias* nettoyées en y faisant passer un fleuve.

7°. ♒. Le Soleil, dans le *Verseau,* au solstice d'hiver, était près de Pégase ; le soir on voyait se coucher le Vautour, tandis que le Taureau passait au méridien; on a dit qu'Hercule, à son arrivée en Élide, pour combattre le *Taureau de Crète,* et le *Vautour de Prométhée,* monta le cheval Arion et institua les jeux olympiques, qu'on célébrait à la pleine lune du solstice d'été; la Lune est précisément alors dans le Verseau, c'est-à-dire à la région opposée au Lion.

8°. ♓. L'enlèvement des *cavales de Diomède,* fils d'Aristée, se rapporte au lever héliaque de Pégase et du petit Cheval, le Soleil étant dans les *Poissons :* ces deux chevaux sont placés au-dessus du Verseau, qui est Aristée.

9°. ♈. Hercule part ensuite pour la conquête de la Toison d'or ; le Vaisseau et le Serpentaire (l'argonaute Jason, n° 261) achèvent de se lever le soir, tandis qu'en même temps le *Bélier,* Cassiopée, Andromède, les Pléiades et Pégase se couchent. De là la victoire d'Hercule sur Hippolyte, *reine des Amazones,* dont la ceinture (Mirach) brillait d'un vif éclat : plusieurs de ces guerriers avaient les noms des Pléiades.

10°. ♉. Au lever du *Taureau,* le Bouvier se couche, et la grande Ourse (les bœufs d'Icare) se lève : c'est la défaite de *Géryon* et l'enlèvement de ses bœufs. Hercule tue *Busiris,* persécuteur des Atlantides; fable qui fait allusion à Orion poursuivant les Hyades, et qui alors est dans les feux solaires. Le retour du printemps est en outre exprimé par la destruction des reptiles venimeux de la Crète et par la défaite du brigand *Cacus :* celle du fleuve Achéloüs, changé en taureau, est relative à l'Éridan, qui est placé au-dessous.

11°. ♊. Après avoir fondé Thèbes d'Égypte, Hercule va aux *Enfers,* délivre Thésée et enlève *Cerbère.* Le Soleil est arrivé

dans l'hémisphère boréal; le grand Chien, dont le coucher héliaque a eu lieu dans le signe précédent, est maintenant absorbé dans les feux; il est tiré des régions inférieures, et produit à la lumière. Le fleuve du Verseau, qui se lève le soir avec le Cygne, lorsque le Soleil achève de décrire les *Gémeaux*, est Cycnus vaincu au bord du Pénée.

12°. ♋. Le Dragon polaire et Céphée, ou le *Jardin des Hespérides*, se lèvent au couchant du Soleil, dans le *Cancer*: de là le voyage d'Hercule en Hespérie. L'époque du lever héliaque de la constellation d'Hercule est vers l'automne; les pommes des Hespérides sont une allusion à cette saison.

Revenu au solstice d'été, le Soleil recommence sa révolution: c'est l'apothéose d'Hercule. La fable raconte que *Déjanire*, cherchant un filtre pour fixer son époux, lui envoya une chemise trempée dans le sang du centaure Nessus. Hercule la revêtit pour sacrifier aux dieux, et leur demander l'immortalité promise à ses exploits; mais, dévoré par le poison imprégné dans ce vêtement, le héros se brûla sur un bûcher. Voici le sens de cette fable. Le Soleil est rentré dans le Lion et se lève, tandis que les constellations d'Hercule et du Verseau sont prêtes à se coucher. Le Centaure se couche peu après le Lion; celui-ci fait donc mourir Hercule; et le Verseau, Ganymède, est enlevé pour verser le nectar aux dieux, à la place d'Hébé donnée au héros. La réconciliation d'Hercule et de Junon est relative au Verseau, qui est dédié à la déesse (n° 284).

Hercule vécut 52 ans, eut 52 épouses et accorda les honneurs néméens à 360 de ses compagnons morts pour lui: ce sont des allusions aux 52 semaines de l'année et aux 360° du zodiaque. Les Colonnes d'Hercule étaient les limites occidentales de la terre connue, où le Soleil semblait chaque jour se coucher dans la mer. Quelque vagues qu'on suppose plusieurs des interprétations qu'on vient d'exposer, il en est de si remarquables, qu'on ne saurait les supposer l'effet du hasard: ainsi Hercule n'a pas été ce héros dont les bienfaits ont excité les hommes à lui ériger des autels; mais c'est le Soleil considéré dans ses attributs relatifs aux diverses époques de l'an-

née; opinion conforme aux témoignages les plus révérés des anciens.

258. La fable de **Thésée** est bien moins complète que celle d'Hercule; mais la vie de ces héros a trop de points communs pour qu'on n'y voie pas la même fiction modifiée : tous deux sont Argonautes, armés d'une massue, vainqueurs d'un taureau, des Amazones, des Centaures et de l'Enfer, effroi des brigands et vengeurs des opprimés. L'un établit les jeux isthmiques, l'autre les jeux olympiques, etc.; nous ne suivrons pas Dupuis dans les détails qu'il donne sur les exploits de Thésée, non plus que sur ceux de Bacchus, qui n'est que le Soleil dans le Taureau à l'équinoxe du printemps : aussi représentait-on ce dieu avec des cornes de bœuf, et lui donnait-on les Hyades pour nourrices. Dans cette fable, auprès des Hyades, on voit paraître le Taureau, comme il naît du Serpent, dans l'énigme *Taurus Draconem genuit* (n° 256).

259. **Apollon** est le Soleil considéré comme le dieu de la lumière, frère de Diane ou de la Lune, et maître des espaces célestes dans le temps qu'il parcourt les signes supérieurs. Il présidait à la divination, aux lettres et à la musique.....

Jupiter irrité contre Esculape (n° 283), fils d'Apollon, le foudroya; celui-ci se vengea en tuant les Cyclopes, artisans de la foudre; dans sa colère, le roi des dieux précipita Apollon du ciel. Le Soleil est alors dans les signes inférieurs et voisin du Centaure et du Sagittaire : ce qui a fait dire qu'Apollon s'était fait berger en Thessalie, pays des Centaures. Au lever du Soleil dans le Lion, ou le matin du solstice d'été, le Dragon se couche : c'est Apollon vainqueur du serpent Python, que Minerve attacha ensuite au pôle.

Fables relatives aux Constellations.

260. **Le Bélier.** Forcé de fuir leur père Athamas, Phryxus et Hellé, portés par un *bélier à toison d'or*, traversent l'Hel-

lespont, où Hellé périt. Phryxus arrive à Colchos, et immole ce bélier à Mars, dieu qui préside à ce signe (n° 253).

Utque fugam capiant aries nitidissimus auro
Traditur.... Ov., Fast. II.

L'expédition des Argonautes est relative au Soleil équinoxial dans le Taureau. De la Thrace, patrie de Jason, on voyait le matin cet astre sortir de la Colchide. Le lever héliaque du Bélier était l'emblème de la toison d'or, gardée par un monstre (la Baleine) et par un taureau qui vomissait des flammes. Le soir Ophiucus, qui est Jason, se lève alors et sort du lieu où le matin paraissait le Bélier : le héros enlève donc cette précieuse toison. Ses compagnons, Hercule, Castor et Pollux, Céphée.... sont sur l'horizon, dont le navire Argo est voisin à l'occident.

261. Le Taureau. L'enlèvement d'Europe et d'Io par Jupiter est probablement une allusion à la néoménie, le Soleil et la Lune étant au printemps dans le Taureau. Sirius se couche avec le Soleil, et annonçait autrefois le printemps.

Candidus auratis aperit cum cornibus annum
Taurus, et averso cedens canis occidit astro.
Virg., Géorg. I, 217.

.... Et quand l'astre du jour
Ouvrant dans le Taureau sa brillante carrière,
Engloutit Sirius dans des flots de lumière. Delille.

262. Les Pléiades sont filles d'Atlas (le ciel) et de Pléioné ou d'Hespérie (la mer ou le soir); peut-être aussi Atlas est-il le Bouvier, dont le coucher fait lever les Pléiades : on les nommait *Atlantides* ou *Hespérides*. Selon Germ. César, leur nom dérive de πλεῖον, pluralité; elles étaient sept : Électre, Maïa, Taygète, Alcyone, Séléno, Stérope et Mérope; mais celle-ci, humiliée d'être la seule qui n'ait pas eu commerce avec les dieux, se retira près du pôle.

Quæ septem dici, sex tamen esse solent. Ovide.

Calipso et Pasiphaé ont été aussi classées parmi elles. Orion était le persécuteur des Pléiades : mais, pour les soustraire à sa fureur, Jupiter les mit aux cieux, où ce géant les poursuit encore vainement.

Pasiphaé, mère d'Ammon ou du Bélier, devint amoureuse du Taureau et en eut le Minotaure (Orion). Cette fable est fondée sur ce que les Pléiades entrent dans les rayons solaires quand le Bélier s'en dégage.

Les Hiades sont des nymphes de Dodone, filles de l'Océan et nourrices de Bacchus (n° 289); on les nomme *Héliades* ou *Titanides ;* elles sont cinq : Ambroisie, Coronis, Arsinoë, Bromie et Cisséis. Leur nom vient de ὕει, il pleut, parce que leur présence annonçait le retour des pluies, *Arcturum pluviasque Hyadas*. Médée les rajeunit sur le mont Nysa. Leur frère Hyas ayant été déchiré par une lionne, les dieux les placèrent au ciel pour les consoler, et elles ne cessent d'y pleurer leur perte.

263. Les Gémeaux sont les *Dioscures*, Castor et Pollux, ou Apollon et Hercule, ou Triptolème et Jasion, ou Amphion et Zéthus; ils sont le symbole de l'amitié, de la fécondité.

264. L'Écrevisse fut placée au ciel par Junon lorsqu'Hercule eut accompli son second travail (n° 258); ou par Jupiter, parce que cet animal avait retardé, par sa piqûre, la fuite d'une nymphe. Les *Anes* sont la monture de Bacchus, ou ceux dont les cris ont effrayé les Titans.

265. Le Lion fut le symbole de la force et de la puissance, parce qu'il se rapportait au soleil du solstice d'été (p. 371); il est Osiris, Jupiter, Hercule, comme Bacchus est le Taureau équinoxial.

266. La Vierge, emblème de la justice et des lois, représentait Thémis, dont la balance est à ses pieds; ou Astrée, fille de Jupiter et de Thémis, que les crimes des hommes forcèrent de remonter au ciel à la fin de l'âge d'or.

Ultima cœlestum terras Astræa reliquit; Ov., Métam. 1.

La Vierge est encore Cérès et le symbole des moissons; la Diane d'Éphèse; l'Isis d'Égypte; la grande déesse de Syrie; Atergatis, ou la Fortune; Cybèle traînée par des lions; Minerve, mère de Bacchus; Méduse; Érigone, fille du Bouvier; enfin, la Sybille de Virgile, qui, un rameau à la main, descend aux enfers, ou sous l'hémisphère.

267. La Balance était, il y a 2000 ans, le lieu du Soleil à l'équinoxe d'automne : c'est ce qui explique le sens de ces vers :

Æquantem tempora libram.... Manil., II, 242.

Libra die somnique pares ubi fecerit horas,
Et medium luci atque umbris jam dividit orbem. Géorg. I, 208.

Quand la Balance, enfin, recevant le Soleil,
Égale au jour la nuit, le travail au sommeil. Delille.

On figurait la Balance, soit dans les mains de la Vierge, soit entre les serres du Scorpion. Les Grecs, dont la sphère était celle des Chaldéens, n'avaient que onze constellations zodiacales; ils donnaient au Scorpion une étendue de deux signes, en prolongeant les serres dans l'étendue de la Balance : c'est ce qui le faisait appeler *Fera magna* par Aratus. On lit dans Ovide :

At locus in Geminos ubi brachia concavat arcus
Scorpius, et caudâ flexisque utrinquè lacertis
Porrigit in spatium signorum membra duorum. Métam., II, 195.

Le signe formé par les serres se nommait *Chelæ*, Χηλαί. C'est par les Égyptiens que le signe de la Balance avait été institué, ainsi que le prouvent leur monuments. Comme Auguste était né le 23 septembre, la flatterie se ligua avec l'Astrologie pour célébrer le bonheur promis à la terre par la naissance de cet empereur : on replaça au ciel la Balance, symbole de la justice. D'après cela, on interprète aisément ces vers que Virgile adresse à Auguste :

Annè novum tardis sidus te mensibus addas,
Quà locus Erigonen inter chelasque sequentes
Panditur : ipse tibi jam brachia contrahit ardens
Scorpius, et cœli juxtà plus parte relinquit. Géorg., I, 35.

Peut-être, plus voisin de tes nobles aïeux,
Nouveau signe d'été veux-tu briller aux cieux ?
Le Scorpion brûlant, déjà loin d'Érigone,
S'écarte avec respect, et fait place à son trône. DELILLE.

268. LE SCORPION est le symbole des maladies et des fléaux destructeurs; il était la terreur d'Orion, de Phaéton, d'Hippolyte, dont il causait la mort, et l'effroi de tous ses paranatellons. On le figurait dévorant les testicules du Taureau, pour désigner le temps où le génie du mal triomphe de la force fécondante. C'est la victoire de Typhon sur Osiris, d'Ahrimane sur Ormud....

269. LE SAGITTAIRE a été quelquefois remplacé par un arc, un carquois ou une flèche; il est le centaure Chiron, instituteur d'Achille, de Jason, d'Esculape, et l'inventeur de l'art de l'équitation. Selon d'autres, le Sagittaire était un chasseur célèbre qui résidait avec les Muses sur l'Hélicon, ou Croton, poète et chasseur, ou enfin le Janus égyptien (*voy.* p. 366).

270. LE CAPRICORNE est un bouc qui fut élevé avec Jupiter sur le mont Ida, découvrit et emboucha la conque marine, et porta l'effroi parmi les Titans dans leur guerre contre l'Olympe. Les dieux épouvantés se cachèrent sous diverses formes d'animaux; Mercure se changea en ibis, Apollon en grue, Diane en chat...., enfin Pan en capricorne, c'est-à-dire qu'il prit un corps de bouc et une queue de poisson.

271. LE VERSEAU est Ganymède, que Jupiter fit enlever par son aigle pour servir d'échanson aux dieux. L'aigle placé au-dessus ne s'élève jamais au ciel sans entraîner avec lui le Verseau, l'urne qu'il tient et l'eau qui s'en écoule.

Les pieds de Pégase se lèvent avant l'eau du Verseau : c'est l'Hippocrène, que ce cheval fait jaillir d'un coup de pied. Les neuf étoiles du Dauphin, placées au-dessus du Verseau, sont le signe des Muses, qui se désaltèrent à cette fontaine.

Le Verseau est encore Deucalion, roi de Thessalie, qui, échappé du déluge avec Pyrrha, sa femme, vint débarquer sur le Parnasse, séjour des Muses, de Pégase et de l'Hippocrène. Il

est aussi Aristée, fils d'Apollon, qui obtint de Neptune le bienfait des vents Étésiens. Cette fable se rapporte au temps où le lever du soir du Verseau arrivait au solstice d'été et annonçait le retour des vents frais, comme Sirius était le précurseur de la chaleur. Le Verseau est encore Cécrops, roi d'Athènes.

272. Les Poissons sont ceux dont Vénus et l'Amour prirent la forme pour échapper à Typhon. Selon d'autres, deux poissons trouvèrent un œuf et le roulèrent sur le rivage; il fut couvé par une colombe, et Vénus en sortit : ils ont, dit-on, sauvé des eaux Dercéto, fille de Vénus. C'est depuis ce temps que les Syriens s'abstinrent de se nourrir de poissons. Enfin, suivant Théon, les Poissons sont les enfans du Poisson austral, à la suite duquel ils se lèvent toujours.

273. La grande et la petite Ourse sont Callisto et son chien. Sous la forme de Diane, Jupiter ayant séduit Callisto, nymphe favorite de cette déesse, il en eut un fils, qui est Arcas, ou le Bouvier. Jupiter les plaça l'un et l'autre dans le ciel. Junon, furieuse, pria Thétis d'empêcher l'Ourse, cette constellation adultère, de se baigner dans l'Océan.

Gurgite cæruleo septem prohibete Triones,
Sideraque in cœlum, stupri mercede receptâ,
Pellite, ne puro tingatur in æquore Pellex. Mét., II, 517.

Maximus hic flexu sinuoso elabitur Anguis
Circùm, perque duas in morem fluminis Arctos,
Arctos Oceani metuentes æquore tingi. Géorg., I, 246.

Calisto, dont le char craint les flots de Thétis,
Vers les glaces du nord brille auprès de son fils;
Le Dragon les embrasse ainsi qu'un fleuve immense. Delille.

Selon d'autres, les deux Ourses sont les nymphes qui ont nourri Jupiter sur le mont Ida; on les nomme *Hélices*, à cause de leur mouvement spiral autour du pôle. La grande Ourse, formée principalement de sept étoiles, est appelée *Septem Triones*, d'où dérive le mot *Septentrion*. Le voisinage du Bouvier (Icare) l'a fait aussi nommer *les Bœufs d'Icare*.

Flectant Icarii sidera tarda boves. Properce.

On y figurait aussi nn sanglier, qui est peut-être celni d'Érimanthe (n° 257, 3°.).

274. CASSIOPÉE, femme de CÉPHÉE, roi d'Éthiopie, avait la vanité de se croire plus belle que les Néréides. Neptune s'en vengea en suscitant un monstre destructeur. Céphée, pour en arrêter les ravages, se vit forcé de lui dévouer sa fille ANDROMÈDE. Les dieux, touchés de tant d'innocence et de beauté, permirent à PERSÉE de la délivrer.

Illic immeritam maternæ pendere linguæ
Andromedam pœnas injustus jusserat Ammon. Mét. IV.

Cette fable vient de ce que la Baleine descend dans les flots avec Andromède, qui le lendemain se lève avant elle, précédée de Persée; ce héros semble la ramener au jour. Cassiopée est figurée sur un trône orné de palmes pour marquer son orgueil; Andromède est sur un roc; Persée est dans l'attitude d'un combattant.

Au lieu de Cassiopée, on a anssi peint une biche, ou un sanglier (celui d'Érimanthe, n° 257, 3°.). On a remplacé Céphée par un berger et son troupeau; c'est le jardin des Hespérides. Enfin, Andromède passait pour être Antiope, ou Hippolyte, reine des Amazones.

275. Jupiter, changé en pluie d'or, pénétra dans la tour où Danaé était renfermée.

Inclusam Danaen, turris ahenea. HOR., ode III, XI.

Acrisius, son père, voyant qu'elle était enceinte, la fit exposer sur la mer dans un coffre, où elle accoucha de PERSÉE; les flots la portèrent en Italie. Vulcain donna à ce héros un casque qui le rendait invisible, et le fameux sabre *Harpé*. Ayant vaincu les Gorgones, dont les cheveux étaient hérissés de serpents, et qui avaient l'affreux pouvoir de pétrifier quiconque les regardait, Persée s'arma de la tête de MÉDUSE, l'une d'elles; il délivra ensuite Andromède, qu'il épousa à Argos.

276. PÉGASE, ou AÉRION, est nn cheval né du sang de Méduse,

ou de la Terre et de Neptune : ce qui signifie que Pégase se lève au coucher de la Vierge. Il s'envola sur l'Hélicon, où il fit jaillir l'Hippocrène (n° 271). Minos le dompta, et le donna à Bellérophon pour combattre la Chimère, monstre composé du Lion, de la Chèvre et du Serpent : cette fable vient de ce que ces trois constellations sont les paranatellons du Soleil solsticial dans le Lion, dont les feux s'éteignent en automne, c'est-à-dire à la chute du cocher Bellérophon et au coucher du soir de Pégase. On ajoute que le héros avait été précipité pour avoir voulu escalader le ciel : le Soleil étant dans le Taureau, Pégase est en effet sur l'horizon quand le Cocher est au-dessous.

Pégase n'est qu'un demi-cheval, une tête ailée, κεφάλη. Son lever héliaque est l'origine de la fable de Céphale et de l'Aurore qui donnent naissance à Phaéton. En effet, celui-ci est le Cocher, qui se levait peu après le Soleil du printemps, et semblait naître de la conjonction de cet astre avec Pégase : à moins que Céphale ne soit la tête de Méduse ; mais l'explication serait la même.

Ce cheval est encore Ménalippe, fille de Chiron, qui, séduite par Éole ou par Neptune, prit la fuite ; son père la chercha dans tout l'univers. Au lever de Pégase, le Centaure achève en effet de se coucher : la réunion de ces deux constellations forme un cheval complet.

277. Le Dragon fut préposé à la garde du jardin des Hespérides) n° 257, 12°, et 274).

Oceani finem juxta solemque cadentem
Ultimus Æthiopum locus est, ubi maximus Atlas
Axem humero torquet stellis ardentibus aptum.
Hinc mihi Massylæ gentis monstrata sacerdos,
Hesperidum templi custos, epulasque Draconi
Quæ dabat, et sacros servabat in arbore ramos,
Spargens humida mella soporiferumque papaver.

Énéide, IV, 485.

De ces mers où le jour va plonger sa lumière,
Des bornes de l'Afrique où, sur sa tête altière,
L'infatigable Atlas porte le poids des cieux,
Une antique prêtresse est venue en ces lieux.

Consacrée aux autels des jeunes Hespérides,
C'est elle qui jadis contre des mains avides
Protégeait les fruits d'or de leur fertile enclos;
Qui, d'un miel odorant mêlé de froids pavots,
Nourrissait leur dragon, et du monstre sauvage
Endormait, à son choix, ou réveillait la rage. DELILLE.

C'est aussi Python, dont Apollon a triomphé, ou le Serpent que Minerve a vaincu, dans la guerre des Titans, et qu'elle a attaché au pôle, ou enfin le Dragon de Cadmus.

278. LE COCHER annonçait par son lever héliaque, l'entrée du Soleil dans le Taureau équinoxial. Ce symbole de la force fécoudante était Pan et Mendès; il est aussi Érichton, roi d'Athènes et inventeur des chars.

Primus Ericthonius currus et quatuor ausus
Jungere equos, rapidisque rotis insistere victor. Géorg. III, 113.

Érichton le premier, par un effort sublime,
Ose plier au joug quatre coursiers fougueux,
Et, porté sur un char, s'élancer avec eux. DELILLE.

Selon Dupuis, le Cocher est aussi Phaéton, fils du Soleil. Pour prouver son illustre origine, ce jeune imprudent voulut conduire le char de son père; mais, effrayé à la vue d'un scorpion, la terreur lui fit abandonner les rênes; les chevaux égarés vinrent si proche de la Terre, qu'elle fut presque embrasée. Il périt foudroyé et tomba dans l'Eridan.

Le Cocher est encore Bellérophon (n° 276); Héniochus, Absyrthe, frère de Médée; Myrtile, cocher d'OEnomaüs, etc. LA CHÈVRE est Amalthée, ou Aéga, nourrice de Jupiter, qui aida ce dieu à vaincre les Titans, allégorie purement astronomique (p. 384).

279. LE BOUVIER est Arcas, fils de Jupiter et de Callisto (n° 273.) Le Loup et la Vierge ont servi à composer une fable: Arcas est petit-fils de Lycaon, qui fut changé en loup après avoir donné son propre fils à manger aux dieux, à la fin de l'âge d'or, c'est-à-dire lorsque Thémis est remontée au ciel. Le Bouvier est aussi Icare qui, ayant appris de Bacchus l'art de faire

le vin, fut lapidé par des bergers ivres. Sa fille Érigone (la Vierge) se pendit de désespoir, et ce fut un chien (Procyon, ou Sirius) qui fit retrouver son corps dans un puits où il se précipita.

Cette constellation est encore Atlas, qui porte le monde, parce qu'autrefois sa tête était voisine du pôle. Il épousa Hespérie et en eut sept filles : les Pléiades se couchent en effet au lever du Bouvier. Volney pense que Bootès est Osiris.

Il y a 2500 ans, du temps de Numa, le Soleil était dans le Capricorne au solstice d'hiver ; à minuit, cette constellation était au méridien inférieur; c'était l'époque du renouvellement de l'année romaine, qui était annoncée par le lever de la Vierge et du Bouvier. L'étoile qu'on voyait alors à l'horizon au même instant, était ζ de cette dernière constellation ; elle précédait le lever des pieds de la Vierge et ouvrait l'année. On a, par cette raison, fait de cette étoile le dieu du temps, sous le nom de Janus, chef et moteur du système harmonique de l'univers. On lui donnait deux visages (page 401 et 366), douze autels, ou un seul autel à quatre faces; il tenait les clés du temps, le nombre 300 dans une main et 65 dans l'autre. Ce sont des allusions aux douze mois, aux quatre saisons et aux 365 jours de l'année. Janvier, le premier mois, était consacré à Janus. On donnait à ce dieu une barque; il était accompagné de son père Icare et de sa mère Érigone; le Bouvier, la Vierge et le Vaisseau se lèvent en effet ensemble (*voy.* Ovide, *Fastes*, 1, 64, 99, 117 et 171; Plutarque, *Paral.*, page 307; Macrobe, I, chap. 13 et 9).

280. La Chevelure de Bérénice. Cette reine fit vœu de se couper les cheveux si Ptolomée Évergète, son frère et son époux, revenait vainqueur. Elle les consacra dans le temple de Vénus, d'où ils disparurent le lendemain : Conon en fit une constellation. Le lever héliaque de cette constellation annonçait autrefois les moissons, et l'on y figurait une gerbe de blé.

281. La Couronne est celle d'Ariadne, que Bacchus plaça au ciel.

Bacchus amat flores : Baccho placuisse coronam
Ex Ariadnæo sidere nosse potes. Fast. V.

C'est aussi Proserpine, fille de Cérès, ou la Vierge; elle fut enlevée par Pluton, qui est le Serpentaire.

282. Le Serpentaire et le Serpent. Ophiuchus est Esculape, né des amours d'Apollon et Coronis; ou Arsinoé, l'une des Hyades. Cette fable fait allusion à ce que le Soleil dans le Taureau, en se couchant le soir, fait lever le Serpentaire, ce qui fut pris pour emblème du retour de l'équinoxe. On ajoute qu'il fut nourri par une chèvre et élevé par Chiron; et en effet le lever du Centaure se fait immédiatement avant celui d'Ophiuchus, qui arrive au coucher de la Chèvre. Ophiuchus est encore Jason, Sérapis, Pluton, Triopas, Phorbas, Tantale. L'Éridan se couche au lever du Serpentaire, et réciproquement; de là cette fable de l'eau qui fuit sans cesse devant l'altéré Tantale.

283. Hercule est fils de Jupiter et d'Alcmène. (*V.* n° 287). Cette constellation est aussi Thésée, Prométhée, Orphée et Ixion. La fable de Junon qui, sous la forme d'une nuée, se livre à Ixion, d'où naissent les Centaures, vient de ce que, dans la saison des pluies, le Sagittaire et le Centaure se lèvent à la suite d'Hercule; et enfin, peu après, on voit la Couronne australe, qui est la roue d'Ixion, placée dans les signes inférieurs, *Inferi.*

284. La Lyre est celle d'Hercule, de Mercure, d'Orphée; on y peint un vautour dont le vol est dirigé en bas, *Vultur cadens.* Cet oiseau, figuré sur les monuments d'Égypte, était l'objet d'un culte. La Flèche est celle d'Hercule, ou celle d'Apollon, après son combat contre les Cyclopes.

285. Le Cygne. Jupiter, épris de Léda, se changea en cygne. Léda accoucha d'un œuf, d'où sortirent Hélène et Pollux. Cette constellation annonçait autrefois le printemps, et fut l'emblème de la fécondation.

286. L'Aigle, ou l'*Accipiter* égyptien, porte la foudre de Jupiter, qu'il a nourri dans un antre de Crète.

Quæ fulmina Curvis ferre solet pedibus. Ovide.

C'est aussi l'aigle engendré par Typhon et qui dévore les entrailles de Prométhée. Son vol est dirigé vers le pôle, *Vultur volans*. Il est l'emblème de l'élévation du Soleil solsticial (n° 249).

ANTINOÜS est un démembrement de la constellation de l'Aigle, que la flatterie a consacré au favori d'Adrien. Cet empereur lui avait érigé des autels. On a cependant prétendu que l'Antinoüs céleste était un des amants de Pénélope.

Penelopen quoque neglecto clamore mariti
Nubere lascivo cogeret Antinoo. PROPERCE, IV, élég. 5.

287. LE DAUPHIN. Bacchus changea en dauphins des pirates toscans qui l'avaient attaqué, et mit au ciel Acètès, le seul qui eût pris sa défense. On dit aussi que cet animal est celui que Neptune envoya pour découvrir la retraite d'Amphitrite, ou le dauphin qui sauva le poète Arion du naufrage.

Sic Methymnaeo gravisus Arione Delphin
Languida non tacitum per freta vexit onus. MART., VIII, 49.

288. LE PETIT CHEVAL est celui dont Neptune prit la forme lorsqu'il fut surpris avec Phylire, mère du centaure Chiron et fille de l'Océan; ou Cyllarus, cheval que Mercure donna à Castor.

289. LA BALEINE fut envoyée par Neptune pour dévorer Hésione et Andromède: Hercule délivra l'une, et Persée l'autre.

290. LE POISSON AUSTRAL sauva la vie à Isis; et, selon les Syriens, à Dercéto. Le lever du soir de *Fomalhaut* annonçait l'entrée du Soleil dans le Lion solsticial, comme Sirius par son lever héliaque. Ces deux astres furent adorés des Égyptiens, qui les regardaient comme causes de l'inondation du Nil. Fomalhaut était honoré sous les noms d'Oxyrinque, de Phagre, d'Oannès et de Dagon. Sa présence sur l'horizon mesurait alors la plus courte nuit de l'année, puisqu'il se levait le soir et se couchait le matin, le jour du solstice d'été. Le solstice d'hiver arrivait à son lever cosmique, le Soleil étant dans le Verseau.

291. ORION était un géant, chasseur intrépide, d'une taille prodigieuse. Son lever du soir et sa présence sur l'horizon dans

les nuits d'hiver, lui a fait attribuer le pouvoir de troubler les mers.

Assurgens nimbosus Orion. VIRG.

On l'a, par cette raison, supposé le fils de Neptune, qui lui accorda le don de marcher sur l'eau. On disait encore que les dieux l'avaient engendré dans la peau d'un taureau, à cause du voisinage d'Orion et du Taureau. On le supposait amoureux de Mérope, l'une des Pléiades, ou de Diane, qui est la Lune dans sa néoménie au Taureau équinoxial. Le lever du Scorpion a lieu quand Orion se couche, et l'on dit que cet animal, suscité par Diane, avait fait périr Orion.

Orion est encore Orus, Arion, le Minotaure, enfin le Nembrod des Assyriens, qui depuis devint Saturne.

L'ÉRIDAN est le Nil, ou le fleuve d'Orion. LE LIÈVRE est un des attributs de ce fameux chasseur, sous les pieds duquel on l'a placé.

292. LE GRAND CHIEN était, avec le Dragon, chargé de la garde d'Europe. Après l'enlèvement, Jupiter le donna à Minos il appartint ensuite à Procris, puis à Céphale, et enfin à l'Aurore. C'est aussi le chien d'Orion, celui d'Hélène, et enfin Méra, chien d'Icare (n° **279**).

Dans l'origine des constellations, le solstice d'été arrivait lorsque le Soleil parcourt le Capricorne, ou le Lion (n°s **244**, **249** et **256**). Le lever du soir ou du matin de *Sirius*, annonçait à l'Égypte l'époque de la crue du Nil et avertissait les hommes, comme un chien fidèle, de se tenir sur leurs gardes à l'approche du débordement. Son nom Sirius, ou Siris, dérive d'Osiris, qui est le Soleil et le fleuve fécondants. On nomme aussi cette étoile *Mercure-Anubis*, *Seth* ou *Sothis*.

Depuis ces temps reculés, qui remontent à 5000 ans au moins, la précession a ôté à Sirius la faculté de prédire l'inondation; son lever héliaque, qui avait lieu en Égypte vers le 20 juin, 15 jours avant la crue des eaux du Nil, n'est sensible maintenant pour cette contrée que le 10 août; mais, vers l'an 300 de notre ère, il arrivait au milieu de juillet et déterminait

l'époque des grandes chaleurs et des maladies qu'elles entraînent, qu'on attribuait à l'influence de Sirius, nommé *Canicule.* C'est l'origine de la dénomination de jours caniculaires, du 22 juillet au 23 août, pendant que le Soleil décrit le signe du Lion, ou la constellation du Cancer.

Jam rapidus torrens sitientes Sirius Indos
Ardebat, cœlo et medium sol igneus orbem
Hauserat : arebant herbæ, et cava flumina siccis
Faucibus ad limum radii tepefacta coquebant. Géorg. IV, 425.

Déjà le Chien brûlant dont l'Inde est dévorée
Vomissait tous ses feux sur la plaine altérée;
Déjà l'ardent midi desséchant les ruisseaux,
Jusqu'au fond de leur lit avait pompé les eaux. DELILLE.

LE PETIT CHIEN partage avec le grand la plupart des fables que nous avons rapportées.

293. L'HYDRE, par ses sinuosités, imite le cours d'un fleuve.

In morem fluminis elabitur Anguis. Géorg. I, 844.

Cet animal amphibie représentait le Nil; il s'étend sous les trois signes où l'inondation avait lieu. L'Hydre se lève entre le Chien et le Lion, et semblait concourir avec eux à produire cet important phénomène. Le Serpent et l'Éridan ont aussi servi de pronostic, lorsque le solstice d'été arrivait, dans la Balance pour le premier, et dans le Sagittaire pour le second.

LE CORBEAU et LA COUPE sont placés sur l'Hydre.

Anguis, Avis, Crater, sidera juncta micant. Fast.

On a dit que la Coupe était celle d'Icare, parce qu'elle se lève avec le Bouvier; ou celle de Bacchus, parce que son lever héliaque annonçait les vendanges. On prétend que ce Corbeau fut celui qui découvrit à Apollon l'infidélité de Coronis.

Le Soleil étant dans le Lion solsticial, le Navire et le Corbeau se levaient avec lui et étaient enveloppés de ses feux; le soir le Verseau paraissait à l'horizon, et le Nil commençait bientôt à s'enfler. Ces aspects expliquent le déluge de Deucalion qui se sauve dans un vaisseau, et qui, 40 jours après, s'assure si les eaux sont retirées en donnant la liberté à un Corbeau.

294. Le Navire Argo fut, dit-on, le premier vaisseau connu. Minerve et Neptune le firent construire d'un bois de la forêt sacrée de Dodone. Il porta les Argonautes en Colchide.

Per mare non notum prima petiere Carina. Ovide.
...... Et altera quæ vehat Argo
Delectos heroas..... (*Voy.* p. 391.) Virgile.

Cette constellation, créée par les Égyptiens, dut probablement son existence aux nombreuses barques de papyrus qui couvraient le sol entier de l'Egypte, dans le temps de l'inondation. Le lever héliaque de *Canopus* fut long-temps le signe précurseur de ce phénomène, puisque cette étoile se levait avec les premières du Lion, alors au solstice d'été.

295. Les Centaures, moitié homme et moitié cheval, étaient un peuple très exercé à l'équitation, ce qui les rendait redoutables. Hercule, Théséo, Pirithoüs, les exterminèrent (n°s 257, 3° et 283).

On dit aussi que le Centaure est le célèbre Chiron.

296. Le Loup est Lycaon (n° 279). On représente cet animal percé d'une pique que tient le Centaure. On a regardé la constellation du Loup comme un présage sinistre, ainsi que le Serpent et le Scorpion, qui occupent la même région du ciel et sont les symboles de l'hiver.

297. La Couronne australe est celle de Corinne, qui a remporté cinq fois la victoire sur Pindare. On dit encore que Bacchus l'a placée au ciel en honneur de sa mère Sémélé (n° 283).

298. La Voie lactée, suivant les poètes, est produite par le lait de Junon qu'Hercule a laissé échapper de sa bouche, ou par l'embrasement du ciel causé par Phaéton. Elle est aussi, dit-on, le chemin de l'empire et du palais de Jupiter.

Est via sublimis cœlo manifesta sereno
Lactea nomen habet, candore notabilis ipso.
Hàc iter est superis ad magni tecta tonantis
Regalemque domum.... Métam. I, 168.

TROISIÈME PARTIE.

APPLICATION DU CALCUL A L'ASTRONOMIE.

Gnomonique, ou Art de construire les Cadrans solaires.

299. Tout peuple qui a une Astronomie régulière, doit connaître l'art de diviser le temps. Il est donc certain que les Égyptiens avaient trouvé dans le ciel des moyens d'atteindre à ce but. On doit cependant avouer qu'on n'a trouvé aucun cadran solaire dans les antiquités d'Égypte, et que les sculptures ne fournissent aucun indice qu'il en ait existé. Mais, d'un côté, ces instruments sont peut-être enfoncés dans les sables, ou renversés au milieu des ruines; et de l'autre, on sait que l'esprit de la langue hiéroglyphique est de remplacer les figures positives par des emblèmes. Nul ne prétendra que ceux qui ont élevé les masses immenses qu'on voit employées dans la construction des édifices, ne savaient pas la Mécanique, et cependant on ne voit nulle part l'image d'une machine.

Diodore de Sicile, Hérodote et Horapollon attestent que les Égyptiens se servaient de clepsydres pour diviser le temps. Ces instruments leur offraient une mesure de la durée : et si l'on a objecté que cette mesure devait être inexacte, parce que la vitesse du fluide qui s'écoule varie avec sa hauteur dans le vase, on répond qu'il est possible d'y maintenir un niveau constant, et c'est probablement ce qui a été fait.

On croit que ces nombreux obélisques, répandus sur le sol de l'Égypte, érigés en l'honneur du Soleil, et dont plusieurs ont été transportés à Rome, étaient employés comme gnomons.

Digitized by Google

Comme il n'est pas bien prouvé qu'on fût alors dans l'usage de les surmonter par un globe, on doit penser que la pénombre rendait ces instruments assez inexacts (Bailly, *Astr. anc.*, p. 321); ce qui n'est pas un motif de croire qu'on ne les ait pas employés. Mais ce fameux cercle d'Osymandias, dont la circonférence avait 365 coudées, et qui était réservé à des usages astronomiques, en a-t-il pu avoir un plus utile et plus simple que de faire connaître les azimuts, et par conséquent de donner l'heure le jour aussi bien que la nuit?

On lit dans Plutarque (*des Oracles qui ont cessé*, § 3) que les Égyptiens étaient dans l'usage de mesurer la hauteur du pôle avec *une tablette en forme de tuile, faisant un angle aigu avec un plan de niveau.* On reconnaît ici le cadran équinoxial (n° 302), qui est une suite naturelle de la connaissance de l'obliquité de l'écliptique. Qui croira, en effet, que des hommes qui faisaient de l'étude du ciel leur unique occupation, dont les monuments sont orientés, et pour lesquels la mesure du temps était si nécessaire, aient manqué d'un instrument aussi simple?

C'est donc à tort que Diogène Laërce attribue l'invention des cadrans solaires à Anaximandre, et Pline à Anaximène de Milet (vers l'an 600 avant J.-C.). Il est certain que, plus de 150 ans avant, ces cadrans étaient en usage dans la Judée, puisque Dieu fit rétrograder l'ombre sur le cadran d'Achaz (*). Au reste, il y a des cadrans solaires de tant de sortes, qu'un perfectionnement fait à l'un de ces instruments a pu être regardé par les Grecs comme une découverte nouvelle. Hérodote dit positivement que les Grecs reçurent les cadrans solaires des Babyloniens, et c'est probablement par cette voie que les Juifs eurent quelques connaissances astronomiques. On ne peut comparer le savoir des Grecs à celui des Égyptiens. Ceux-ci nous laissent des temples, des débris immenses, qui attestent

(*) *Ecce ego reverti faciam umbram linearum, per quas descenderat in horologio Achaz in sole, retrorsum decem lineis. Et reversus est sol decem lineis per gradus quos descenderat.* Isaïe, xxxviij, 8. *Voyez* encore Reg. iv, xx, 11.

leur splendeur antique et leur puissance; plusieurs de ces édifices sont astronomiques, et surpassent en grandeur tout ce que les hommes ont jamais exécuté; l'origine s'en perd dans la nuit des temps. D'un autre côté, les Grecs vont chercher en Égypte les connaissances de tout genre qui leur manquent : Orphée, Homère, Thalès, Eudoxe, Platon, Pythagore, y puisent l'instruction qu'ils ne peuvent trouver dans leur patrie; et c'est à ces voyages, autant qu'à leur génie, qu'ils doivent leur célébrité.

Cependant Anaximène, qu'on donne pour l'inventeur des cadrans solaires, croyait que la Terre est plate. Anaxagore disait que le ciel est de pierre; que le Soleil ne peut dépasser les tropiques, parce qu'il y rencontre un air trop épais; que cet astre est un peu plus gros que le Péloponèse, et autres choses aussi peu sensées. Que penser du peuple qui taxe ces opinions d'hérésies, et s'en fait un motif pour persécuter leur auteur? Que dire de Xénophon, de cet homme si distingué d'ailleurs, qui se moque de l'opinion qui veut que le Soleil soit une masse enflammée? Il faut le redire, les Grecs ne sont arrivés que bien tard à estimer les sciences, et n'y ont jamais égalé leurs prédécesseurs. Un esprit vif, une langue harmonieuse, un goût délicat, les ont fait exceller dans les arts et dans les lettres, et ils y ont surpassé tous les peuples; mais ils n'ont pas su modérer les transports de leur imagination lorsqu'ils ont voulu s'élever jusqu'aux sciences, et ils y sont restés au-dessous des nations anciennes.

On attribue à Ératosthène ou à Bérose l'invention du *Scaphé*, hémisphère creux, armé d'un style au milieu, dont le sommet atteignait au centre. Le plan, mené par le Soleil et le style qu'on tenait verticalement, coupait cette concavité sphérique selon un demi-cercle, qui, recevant la projection de l'ombre, y marquait la hauteur solaire, d'où l'on concluait ensuite l'heure. Mais cette espèce de cadran solaire était sans doute en usage avant cette époque, et le savant bibliothécaire d'Alexandrie l'aura connu, comme la sphère qu'il a publiée, et qui n'était pas plus son ouvrage que celle d'Eudoxe n'était le fruit

de ses observations (nos 243 et 255). Pour les Grecs, inventer n'était bien souvent autre chose que transmettre; et leurs écrivains, par vanité nationale, dépouillaient sans scrupule les étrangers de leurs découvertes, pour en décorer leurs compatriotes.

Les Romains n'ont jamais atteint les Grecs en éloquence, ni en architecture, et n'ont guère su estimer que les armes, les lettres et les beaux-arts. Au rapport de Pline, c'est 300 ans avant J.-C. que Papirius Cursor fit construire à Rome le premier cadran solaire, encore indiquait-il mal les heures; et ce n'est que deux siècles avant les beaux jours de la république, temps où brillaient Cicéron, César et Caton, que Valérius Messala, dans la première guerre punique, rapporta de Sicile un cadran solaire, et le fit placer près de la tribune aux harangues. Les Romains ignoraient que l'instrument construit pour la ville de Catane, dont la latitude est moindre de $4^\circ \frac{1}{2}$ que celle de Rome, ne pouvait être à l'usage de cette dernière ville sans des précautions particulières. Ce trait est bien digne d'une nation qui proscrivit à diverses reprises les mathématiciens, et ne sut pas les distinguer des charlatans et des astrologues.

Ces conquérants ne connaissaient donc pas l'heure en l'absence du Soleil. A Rome et en Grèce, on s'est long-temps servi de gnomons : un esclave était préposé pour observer les progrès de l'ombre, et avertir du moment où elle avait la longueur fixée. Les Romains se servirent aussi des clepsydres, et leur donnèrent même un grand degré de perfection : celle de Ctesibius a joui de quelque célébrité. L'eau s'échappait des yeux d'une figure, qui semblait payer un tribut de pleurs aux instants qui s'écoulent. Le fluide, reçu dans un réservoir, y élevait une autre figure armée d'une baguette, pour indiquer les heures sur une colonne, laquelle, mue par l'eau, tournait sur son axe en un an. On lisait ainsi sous l'index le mois, le jour et l'heure. Ctésibius vivait 120 ans avant J.-C. (*Voy.* le *Vitruve* de Perrault).

Passons maintenant à l'exposé des principes et des constructions propres aux cadrans solaires, en réservant les calculs,

ainsi qu'on a toujours fait jusqu'ici, pour un ouvrage conçu sur un autre plan.

300 Concevons, par l'axe de la Terre PP′ (fig. 60), douze plans mutuellement inclinés de 15°, et coupant ce globe en 24 fuseaux égaux; l'un de ces plans PC12 étant d'ailleurs le méridien du lieu. Qu'à partir de ce méridien, et en allant vers l'occident, on donne à ces plans les numéros respectifs 1, 2, 3... jusqu'à 12, qui sera placé en I sur le méridien inférieur; achevant ensuite le tour entier, on marquera les plans des mêmes nombres 1, 2, 3... jusqu'à 12, qui sera le méridien supérieur P12. Nous aurons ainsi le système des plans ou cercles horaires du lieu dont il s'agit, c'est-à-dire que chaque jour, le Soleil paraissant décrire uniformément un cercle parallèle à l'équateur, cet astre met une heure à passer de l'un quelconque de ces plans au suivant. A 3 heures, par exemple, il arrive dans son mouvement diurne, au plan PC3, du côté occidental le soir; à une heure il est au plan n° 1, etc.; il entre dans le plan n° 12, qui est le méridien, dans la région supérieure à midi, dans l'inférieure à minuit.

Imaginons maintenant qu'une surface quelconque, un plan I6C12, par exemple, passe par le centre C de la Terre; cette surface sera coupée par nos plans horaires suivant douze lignes que nous noterons des mêmes numéros que ces plans. Il est évident que, s'il ne reste de tout cet appareil que la surface ainsi marquée de lignes, et l'axe terrestre changé en une *aiguille* ou *style* opaque, l'ombre de cet axe ira se peindre à la surface, et se couchera, sur les lignes tracées, aux heures indiquées par leurs numéros respectifs. A 10 heures, par exemple, l'ombre de l'axe CP se confondra avec la ligne n° 10, et ainsi des autres. On aura donc un cadran solaire placé au centre de la Terre; le style indicateur sera l'axe du globe, et les *lignes horaires* seront les intersections des plans horaires avec la surface dont il s'agit. Or, les dimensions du globe terrestre sont tellement petites, comparées à la distance du Soleil, qu'on peut les regarder comme nulles (n° 11). Transportons parallèlement

à elles-mêmes, et la surface et l'aiguille, pour les amener en un lieu quelconque, et le cadran solaire sera construit pour ce lieu. Il suit de cet exposé que,

1°. *Tout cadran solaire propre à un lieu, peut être transporté en un autre endroit du globe, sous le même méridien, pourvu qu'il y soit disposé dans une situation parallèle à celle qu'il avait.*

2°. *Dans tout cadran solaire, le style indicateur des heures est une parallèle à l'axe de la Terre, axe du mouvement diurne;* par conséquent *ce style est situé dans le méridien, et incliné sur l'horizon, comme l'est l'axe terrestre, c'est-à-dire d'un nombre de degrés égal à la latitude ou à l'élévation du pôle* (à Paris, de 48° 50′). Cette aiguille, prolongée indéfiniment, passe par le pôle; elle est verticale sous le pôle même, horizontale sous l'équateur, etc. Pour diriger le style de tout cadran solaire, il faut donc tracer une méridienne horizontale, mettre l'axe dans un plan vertical élevé sur cette droite, et donner à cet axe pour inclinaison la hauteur du pôle dans le lieu où l'on veut tracer le cadran. Cette hauteur est connue, soit par les tables, soit à l'aide d'une bonne carte de géographie, soit enfin par des observations (n° 234).

3° *Les lignes horaires sont les sections de la surface du cadran par douze plans inclinés mutuellement de 15° en 15°, passant tous par le style, et à partir du méridien, qui est un plan vertical mené par l'axe.* Il est inutile de dire que si l'on veut que le cadran marque les demi-heures, il faut mener 24 plans inclinés de $7° \frac{1}{2}$; que si l'on veut indiquer les quarts, il faut concevoir 48 plans inclinés de 3° 45′, etc. On se dispense d'ailleurs de tracer les *lignes horaires* qui se rapportent au temps où le Soleil ne répand pas sa lumière sur le cadran.

Nous allons enseigner avec détail l'art de tracer ces lignes.

4°. Si le cadran est pratiqué sur un plan, il est visible que les lignes horaires sont des droites qui vont concourir au point de la méridienne où le style rencontre ce plan, point qu'on nomme le *Centre du cadran.* Les lignes horaires de même dénomination, matin et soir (comme 5^h du matin et 5^h du soir),

sont données par le même plan horaire considéré de part et d'autre de l'axe. Ainsi, ces lignes sont le prolongement l'une de l'autre, des deux côtés du centre. *Si le cadran est sur la face verticale d'un mur, la ligne de midi est une verticale,* puisque le méridien, qui est aussi un plan vertical, coupe ce mur suivant la méridienne.

501. Quelquefois l'heure est indiquée à l'aide d'une plaque percée au centre, et soutenue en avant du cadran par une tige scellée, comme on le voit fig. 43. Il est visible qu'il suffit que le trou *a* du disque soit l'un quelconque des points de l'aiguille, comme si le style eût traversé le disque pour donner passage au rayon solaire par un trou. En effet, ce rayon va se porter sur la partie du cadran où se projetterait l'ombre du point de l'aiguille qu'il remplace. Le tracé du cadran est donc le même dans les deux cas.

On peut encore prendre l'aiguille de telle forme et de telle situation que l'on veut, pourvu que son extrémité aboutisse à un point de la direction qui appartient au style dont cette aiguille doit tenir lieu : l'heure est alors indiquée par l'ombre de cette extrémité. Ce moyen est rarement employé, à cause de la pénombre, et parce que l'indication de l'heure n'a pas la même précision que lorsque l'axe se dirige au pôle.

Le plus simple des cadrans solaires est celui qui ne marque que l'heure de midi. Tracez sur le sol la ligne d'ombre portée par l'arète verticale du mur d'une croisée ; ou tracez, sur un mur, la verticale passant par l'image du Soleil qui traverse le trou d'une plaque quelconque : si cette opération a été faite à midi vrai, à une époque arbitraire, chaque jour, à midi vrai, l'ombre de l'arète, ou le disque lumineux, iront se peindre sur cette ligne méridienne (*).

(*) On voit dans l'église de Saint-Sulpice à Paris, un de ces méridiens, de grande dimension, appelé *Gnomon*, qui a été établi en 1743, par Henri de Sully, dans le but de fixer l'équinoxe du printemps et la fête de Pâques. La fenêtre du sud est close, et la lumière du Soleil ne peut la tra-

302. *Cadran équinoxial.* Soit un plan EFO (fig. 61) percé en O par un axe CD perpendiculaire; le rayon O12 du cercle pAq étant pris pour la ligne de midi, et sa perpendiculaire 606 élevée au centre O, étant la ligne de 6 heures, divisez la circonférence de 15° en 15° par les rayons O1, O2, O3... Il suit de ce que l'on vient de dire, que si l'on fixe le plan EFO parallèlement à l'équateur, et qu'on dirige la ligne O12 dans le plan du méridien, on aura un cadran solaire; l'ombre de l'axe CO se portera d'heure en heure sur les rayons consécutifs de ce cercle. En effet, le style est alors censé l'axe du monde, et le Soleil, décrivant sa circonférence diurne parallèle au plan EFO de l'équateur, d'un mouvement uniforme, change de plans horaires de 15 en 15 degrés, mesurés sur le cercle de notre plan. Les demi-heures sont de même indiquées par des rayons inclinés de $7°\frac{1}{2}$, etc.

Les jours mêmes des équinoxes, le Soleil décrivant l'équateur, reste dans le plan EFO du cadran équinoxial, dont il n'éclaire que le bord. Si l'on veut que le cadran ait son usage accoutumé, il faut munir le plan d'un rebord perpendiculaire propre à recevoir l'ombre à ces époques.

Selon que sa déclinaison est boréale ou australe, le Soleil éclaire le dessus ou le dessous du plan; ainsi, dès le lever du Soleil, les heures sont indiquées six mois sur une face et six sur l'autre, et il faut que les deux faces soient graduées.

Le plan de 6 heures est perpendiculaire au méridien, et ces plans le sont l'un et l'autre au cadran EFO; ainsi, la ligne de

---

verser que par une ouverture circulaire d'un pouce de diamètre, à la hauteur de 75 pieds. Le rayon solaire qui se projette sur le pavé forme une image ovale d'environ $10\frac{1}{2}$ pouces de long, et se porte à midi sur une ligne droite méridienne où l'on a marqué les signes du zodiaque, et qui coupe l'image par son milieu. En hiver, cette image se porte sur une ligne verticale tracée selon la hauteur d'un obélisque, et se meut avec assez de vitesse pour parcourir 2 lignes par seconde, le diamètre a 2 pouces 4 lignes. Les signes du zodiaque sont marqués par un procédé qui sera indiqué plus tard. Sur ces grands gnomons, les variations d'obliquité d'écliptique deviennent sensibles à la longue, et les anciens s'en sont servis pour cet usage.

six heures est à angle droit sur la méridienne AO. Cette droite 606 est horizontale, puisqu'elle est perpendiculaire au méridien, qui est un plan vertical.

Il suit de cet exposé, que, pour construire un cadran équinoxial, il faut, au centre *c* d'un cercle *bf* (fig. 67), mener le rayon *cb* (ligne de midi) et le diamètre perpendiculaire *fc* (ligne de 6 heures), puis tracer divers rayons *c*1, *c*2, *c*3...*c*, mutuellement inclinés de 15° pour les heures, de $7^\circ \frac{1}{2}$ pour les demies. Au revers du plan, on trace la même figure, en sorte que ces deux cadrans soient identiques lorsque le plan est transparent, comme quand on le décrit sur une glace ou sur un papier huilé. Le style est un axe central, perpendiculaire au plan, et qui le traverse de part en part (fig. 61). Il reste ensuite placer le cadran dans la situation qui lui convient.

303. Pour orienter ce cadran, il ne s'agit que de diriger l'axe CD (fig. 61) parallèlement à celui de la Terre, et de mettre OA dans le plan du méridien. A cet effet, construisez un triangle OAD rectangle en O, et dont l'angle D soit la latitude du lieu; placez ce triangle verticalement, l'hypoténuse DA étant dirigée suivant une méridienne horizontale AD tracée d'avance (n° 206); enfin, appliquez le cadran le long du côté OA, de manière que le style COD, qui perce le plan de part en part, se couche sur le côté OD du triangle, et la ligne de midi sur OA.

A Paris, où la latitude est de 48° 50′, on fait OD de 8, et OA de 7 parties d'une échelle quelconque (*). On construit de ces

(*) Il est souvent nécessaire de construire des angles dont l'ouverture est connue par les nombres de degrés, minutes et secondes. Pour effectuer facilement ces constructions, nous avons donné, au bas des planisphères III et IV, des échelles de cordes dont voici l'usage. Qu'il soit proposé, par exemple, de construire un angle BCA (fig. 48) de 32° 28′; menez la droite CA, et du centre C décrivez un arc indéfini AOB avec un rayon égal à la longueur qui, prise sur l'une de nos échelles, appartient à l'arc de 60°; puis sur cet arc portez une longueur égale à la corde de 32° 28′, représentée par AIB; enfin tirez la droite CB, qui ferme ce triangle, en passant par les deux points B et C ainsi déterminés; cette ligne forme en C l'angle demandé.

cadrans portatifs qui sont fixés à une boussole, à l'aide de laquelle on oriente la méridienne AD. Le plan AO du cadran peut tourner autour d'une charnière EF horizontale et perpendiculaire à AD et AO; et l'on fait prendre au plan AO l'inclinaison de l'équateur pour le lieu où l'on veut observer l'heure.

304. Au reste, on peut orienter le cadran équinoxial sans connaître la latitude ni la méridienne; car le Soleil décrivant chaque jour un cercle parallèle au plan EOF du cadran, le rayon qui rase l'extrémité C du style trace chaque jour dans l'espace un cône droit dont cette aiguille CD est l'axe. L'ombre du sommet C décrit ainsi sur le plan un cercle dont O est le centre, et dont le rayon change avec la déclinaison du Soleil. Ainsi, placez le cadran à peu près comme il doit être, 606 étant horizontal, et observez la marche de l'ombre quelques heures avant et après midi; si sa longueur reste la même, le cadran est bien orienté; mais si l'ombre est plus longue le matin que le soir, le cadran regarde vers l'occident; si elle est plus grande à midi, le plan a une pente trop rapide, etc. En un mot, en balançant légèrement le plan, à l'aide de quelques essais, on parvient bientôt à le disposer convenablement. Ce procédé n'est exact que vers les solstices, à cause du changement de déclinaison du Soleil dans la durée même d'un jour (*).

On préfère celle de nos deux échelles dont la grandeur s'accorde mieux avec celle de la figure et le degré de précision qu'on veut obtenir.

Lorsque l'angle proposé est obtus, si, par exemple, on veut faire un angle de 147° 32', on en prend le supplément et on le décrit; et quand on a fait l'angle BCA de 32° 28', il ne reste qu'à prolonger le côté AC vers D, et l'on a l'angle DCB extérieur au triangle; c'est l'angle demandé.

On peut d'ailleurs prendre pour rayon une ligne quelconque, pourvu qu'on réduise la corde donnée par notre figure dans le même rapport.

Consultez au reste à ce sujet ma *Goniométrie*, ou l'art de tracer sur le papier des angles dont la graduation est connue, etc.

(*) Le cadran équinoxial revient à la machine parallactique décrite page 4, fig. 1 et 2, laquelle donne l'heure solaire et sidérale. En effet, à un instant quelconque, dirigez l'alidade CS (fig. 1) vers un astre L et sous l'inclinaison

Les cadrans solaires portatifs, servant à toutes les latitudes et qu'on fabrique en Allemagne, d'où le commerce les tire, sont des cadrans équinoxiaux, dont le plan oblique à l'horizon est perpendiculaire au style, et dont les lignes horaires sont inclinées l'une sur l'autre de 15 degrés, comme dans la fig. 67. Pour se servir de l'un de ces instruments, il suffit de l'orienter en le présentant au Soleil. La boîte contient une petite boussole, et l'on tourne le système jusqu'à ce que l'aiguille se trouve dans la direction marquée nord et sud, sauf la déclinaison de l'aimant : c'est-à-dire que si cette déclinaison est actuellement de 18° nord-ouest dans le lieu où l'on se trouve, il faut tourner la boîte jusqu'à ce que l'aiguille de la boussole indique 18° N.-O.

Ce n'est pas tout encore ; on doit incliner le plan du cadran pour le rendre parallèle à l'équateur. A cet effet, ce plan est monté sur la boîte avec une charnière, autour de laquelle il peut tourner et prendre toutes les inclinaisons à l'horizon. On connaît la latitude du lieu ; l'équateur y a pour inclinaison le complément à 90° de cette latitude. On fait donc prendre au plan du cadran cette inclinaison, qu'on trouve marquée sur un

---

G″CS. Le point S est sur le cercle ASKB, lequel est mobile autour de l'axe AB ; l'arc KS est la déclinaison de l'astre, puisque l'instrument est supposé orienté, c'est-à-dire que le cercle KIK′ est parallèle à l'équateur, que AB se dirige aux pôles P et P′, et que le diamètre KK′ est dans le méridien KAK′B. Cette déclinaison KS est toujours connue d'avance pour tous les astres ; d'ailleurs, la direction qu'a prise l'alidade suffit pour la donner. Maintenant faites tourner le cercle AKB sur AB, l'alidade CS demeurant fixée au point S, et suivez l'astre dans ses positions successives. Comme il décrit un parallèle à l'équateur, sa déclinaison ne changeant pas, la simple rotation du cercle AKB sur AB, permettra de conserver l'astre dans le rayon visuel de l'alidade. Le point K du cercle mobile AKB rasera le limbe équatorial KIK′, et l'alidade CS fixée en S, sera entraînée dans ce mouvement. Si, à un instant déterminé, on aligne l'astre en donnant au cercle la situation AIB, l'arc KI est sa distance au méridien. Le limbe KIK′ ♈ étant donc gradué de 0 à 360° à partir du point K et d'orient en occident (et aussi en heures de 15° en 15°), l'inspection de la graduation du point I donnera l'heure sidérale ou solaire, selon que l'astre observé est une étoile ou le Soleil.

petit arc de cercle vertical et gradué, qui est placé sur le bord du plan, et qu'on peut même rabattre sur la boîte à l'aide d'une charnière, quand on ne fait pas usage de l'instrument, pour pouvoir le mettre dans la poche. Le style peut aussi se rabattre.

Quand le cadran a été orienté comme on vient de le dire, il a la disposition représentée fig. 61, et l'ombre du style donne l'heure solaire. On comprend que les indications sont plus ou moins défectueuses : car l'appareil étant peu étendu, et la boussole fort petite, on peut aisément se tromper de 3 à 4 degrés dans l'orientation. L'horizontalité de la boîte et l'inclinaison du plan ne sont pas non plus bien exactes. Enfin la pénombre du style contribue encore à augmenter les erreurs. Cet instrument ne peut guère donner l'heure qu'à 4 ou 5 minutes près.

Le style est quelquefois un simple fil tendu obliquement par un collet glissant sur une tige verticale; mais alors cette tige doit porter les numéros de graduation de la latitude, pour que le collet puisse être monté jusqu'au point qui y correspond, afin que le fil se trouve parallèle à l'axe de la Terre.

305. *Cadran horizontal.* La droite CB (fig. 66) étant la méridienne, faites l'angle BCP égal à la latitude du lieu (48°50' pour Paris); concevez cet angle relevé au-dessus de CB, perpendiculairement au plan horizontal du cadran : CP sera l'aiguille dont l'ombre doit marquer les heures, lorsque CB sera dirigée suivant la méridienne du lieu, car alors cette ligne CP sera parallèle à l'axe du monde. Il s'agit de tracer les lignes horaires.

BH étant une perpendiculaire quelconque sur CP, par le point B de la méridienne, menez la droite EB perpendiculaire à CB. Pour tracer la ligne de 3^h, par exemple, telle que CE, concevez la droite EH dans l'espace allant de E au point H du style relevé verticalement, et représentez-vous le plan horaire PCE, lequel est incliné de 45° sur le méridien CBP; et puisque les droites BH et EH sont perpendiculaires au style, l'angle EHB, dans l'espace, est de 45°, comme mesurant l'inclinaison du plan horaire de 3^h sur le méridien. Par conséquent BE est

la tangente de 45°, le rayon étant BH, ce qui détermine le point E, et par suite la ligne de 3h. Comme on peut en dire autant des autres lignes horaires, on tire de là cette construction.

Après avoir mené les perpendiculaires AD, CB, pour représenter les lignes de 6h et de midi, faites l'angle BCP égal à la latitude du lieu auquel vous destinez le cadran; puis d'un point quelconque B de la méridienne CB, abaissez sur CB la perpendiculaire BH. Une fois cette longueur BH connue, tracez (fig. 67) un quart de cercle *cbf* avec ce rayon BH = *bc*, et divisez en arcs de 15 en 15 degrés pour obtenir les lignes d'heure (on divise en arcs de $7^\circ \frac{1}{2}$ pour obtenir les demies, etc.) : du centre *c* tirez aux points de division les rayons *c*1, *c*2, *c*3... que vous prolongerez jusqu'à la droite 4*b*, tangente au point *b*, extrémité du quart de cercle; 4*b* sera perpendiculaire sur *cb*. Les points 1, 2, 3... d'intersection avec *ab*, détermineront les longueurs *b*1, *b*2, *b*3..., et il ne restera plus qu'à porter sur la droite BE (fig. 66) à partir du point B, tant à droite qu'à gauche, ces distances *b*1, *b*2, *b*3..., et à mener, par les points ainsi déterminés, des lignes droites au centre C. Par exemple, la longueur *b*3, égale à BE, donnera un point E de la ligne de 3 heures, et du côté opposé un point de la ligne de 9 heures.

Il est à remarquer que la construction de la figure 67 peut être faite sur le plan même du cadran; BE sera alors la tangente au quart de cercle dont le rayon est BH. Et si l'on couche ce cercle *bf* le long de la ligne BH qui est censée dans l'espace ainsi que le style CP, ce quart de cercle ainsi divisé, sera un véritable cadran équinoxial, dont CP sera le style, indiquant, par son ombre, les heures sur les deux cadrans à la fois, quand leur système sera orienté. *V.* fig. 61.

En observant que les rayons qui vont aux divisions voisines du point *f* ne peuvent rencontrer la tangente 4*b* qu'à une très grande distance du point *b*, on voit que cette construction n'est plus assez exacte, et est fort incommode, pour donner les lignes de 4 heures et de 5 heures; mais nous ferons connaître (n° 317, 11) un procédé propre à faire trouver la direction d'une ligne qui,

partant du point C, doit tendre vers un point très éloigné, sans avoir besoin de marquer ce point. Au reste, on peut employer la construction suivante, qui est très facile; on en donne la démonstration au mot CADRAN de l'*Encyclopédie méthodique*.

CZ (fig. 55) est la méridienne, et sa perpendiculaire EG la ligne de 6^h; faites l'angle PCZ égal au complément de la latitude du lieu, et tracez le quart de cercle ZG dont le centre est en C: divisez ce quadrans en arcs de $15°$. Par les points F de division, qui répondent aux arcs $FG = ZI$ de $30°$, menez FD et IBA perpendiculaires sur la méridienne CZ; puis du point D, tirez ED perpendiculaire sur PC : en prenant $BA = DE$, le point A sera sur la ligne de 2^h, correspondante à l'angle horaire de $30°$. Les autres points de division donnent de même les autres lignes d'heure; le côté droit du cadran est symétrique du côté gauche par rapport à CZ.

En changeant de latitude, la direction du style CP (fig. 66) varie, ainsi que la perpendiculaire BH, et par suite le quart de cercle, et les distances $b1$, $b2$, $b3$, ... qu'on doit porter sur EB. Si l'on veut construire un cadran horizontal pour la latitude de Paris ($48°50'$), le calcul montre quels sont les angles que les lignes horaires font avec la méridienne et la ligne de 6 heures : nous en donnons le tableau ci-après. Ainsi, pour cette latitude particulière $48° 50'$, la construction se réduit à ceci : tirez au centre C du cadran des droites qui fassent avec CB ou AD des angles égaux à ceux qui sont donnés dans la table ci-après; ces droites seront les lignes horaires.

Angles formés par les lignes horaires d'un cadran horizontal.

Avec la méridienne.

MATIN.	SOIR.	ANGLES.
$11^h 3/4$	midi 1/4	2°49′30″
11 1/2	midi 1/2	5.39.37
11 1/4	midi 3/4	8.31. 0
11	1^h	11.24.18
10 3/4	1 1/4	14.20. 6
10 1/2	1 1/2	17.19.10
10 1/4	1 3/4	20.22. 4
10	2	23.29.32
9 3/4	2 1/4	26.42.14
9 1/2	2 1/2	30. 0.50
9 1/4	2 3/4	33.26. 1
9	3	36.58.26
8 3/4	3 1/4	40.38.40
8 1/2	3 1/2	44.27.14

Avec la ligne de 6^h.

MATIN.	SOIR.	ANGLES.
$8^h 1/4$	$3^h 3/4$	41°35′26″
8	4	37.29. 4
7 3/4	4 1/4	33.13.36
7 1/2	4 1/2	28.49.11
7 1/4	4 3/4	24.16.14
7	5	19.35.30
6 3/4	5 1/4	14.48. 1
6 1/2	5 1/2	9.55. 9
6 1/4	5 3/4	4.58.33

Ces derniers angles doivent être formés des deux côtés de la ligne de 6^h, pour donner les heures avant 6^h du matin et après 6^h du soir.

306. *Autre procédé à l'aide d'échelles.* Après avoir tracé deux droites rectangulaires AD, CB (fig. 66) pour représenter les lignes de 6^h et de midi, portez sur la première, de C en A et en D, une longueur égale à celle que donne l'*échelle de latitudes* (*voy.* les pl. III et IV) pour le degré de hauteur du pôle dans le lieu proposé. Par ex., pour Paris, prenez AC = CD = à la longueur qui répond à 48°50′ sur cette échelle. Du centre A, avec un rayon égal à la longueur entière de l'*échelle des heures*, marquez sur la méridienne un point B; AB et BD seront égaux à cette même ligne; puis, portant le long de AB et BD toutes les divisions marquées sur cette dernière échelle, vous tirerez, de ces points au centre C, les lignes horaires cherchées. Cette construction revient à poser une extrémité de l'échelle des heures en A, à appuyer l'autre le long de CB, puis à transporter sur le plan du cadran toutes les divisions de l'échelle, en les piquant avec un stylet. L'échelle est placée dans l'angle ACB, comme BC (fig. 70) est appuyé sur BA et AC. Quant à

la manière de sous-diviser ces échelles, on en verra le calcul dans notre précédente édition.

Observez que les lignes horaires placées au-dessus de AD sont le prolongement de celles de même dénomination qui sont en-dessous (nº 300, 4º.), en sorte que le cadran est coupé en deux parties symétriques par la méridienne, et aussi par la ligne de 6^h.

307. Le cadran solaire horizontal peut être décrit sur l'emplacement même, et il faut d'abord y tracer la méridienne (nº 206); mais si on le construit dans le cabinet, sur un marbre, une ardoise, il reste ensuite à l'orienter. Il suffit de tourner le cadran jusqu'à ce qu'il marque l'heure précise dont on s'est assuré d'ailleurs : on doit préférer l'instant de midi, à cause des erreurs des réfractions. Si le cadran, mis d'accord avec une bonne montre, marche comme elle durant 5 ou 6 heures, il est bien orienté, et la montre est juste à l'heure; mais si, après avoir mis le matin un cadran d'accord avec une montre, on remarque des différences dans les heures suivantes, on attendra le soir que le cadran marque l'heure qui est à même distance de midi : on imputera la moitié de la différence au cadran qu'on dérangera d'autant, et l'autre moitié à la montre : c'est-à-dire que s'il y a 6′ d'avance du cadran sur la montre, on retardera l'un de 3′ et l'on avancera l'autre de 3′. Dans cet état, il faudra recommencer l'épreuve, et l'accord devra subsister, du moins si la montre n'a éprouvé aucun dérangement.

Le plan doit d'ailleurs être parfaitement horizontal, ce dont on juge en posant une bille dessus, ou en y jetant un peu d'eau, et observant si elle s'écoule. Le *niveau à bulle d'air* peut aussi être employé.

308. On peut encore orienter un cadran horizontal le jour de l'équinoxe, en observant que l'ombre de l'extrémité du style décrit une droite perpendiculaire à la méridienne. Plus généralement, SC étant le style (fig. 68), CB une ligne d'ombre pour le plan horaire CSB ; abaissons, dans ce plan, SB perpendicu-

laire à SC; SB sera la trace de l'équateur; et si l'on fait l'angle BSR égal à la déclinaison actuelle du Soleil (SR est au-dedans du triangle BSC quand la déclinaison est boréale, en dehors quand elle est australe; R coïncide avec B aux équinoxes), alors SR est le rayon solaire qui rase le point S du style, et R est l'ombre de S. Ainsi, après avoir construit l'équerre BSC sous l'angle SCB, qui appartient à une ligne horaire, puis mené SR sous l'angle BSR de la déclinaison actuelle du Soleil, on ajustera ce triangle RSC, en l'appuyant d'une part sur le style et de l'autre sur la ligne horaire, selon ses côtés SC et CR : puis on fera tourner le cadran jusqu'à ce que l'ombre de S tombe au point R, ce qui ne sera possible, le jour proposé, qu'à l'heure correspondante à la ligne CR.

Il est à observer que ce procédé ne suppose pas que l'heure soit connue; car l'ombre de S ne pouvant se projeter le long de SR qu'à l'heure prescrite, il suffira de tenter, quelques minutes plus tôt, de faire coïncider l'ombre de S en R, et de tourner le cadran, en suivant les progrès de l'ombre, jusqu'à ce que la coïncidence ait lieu. L'heure dont il s'agit sera ainsi déterminée. Il faut soumettre à la même épreuve quelques autres lignes horaires.

Quant à l'ouverture de l'angle SCB, elle dépend de la ligne horaire qu'on a choisie, et l'on peut la trouver par un calcul que nous omettons; mais quelques tâtonnements suffisent pour obtenir cet angle. On donne à un carton SCB à peu près la forme qui convient; et, pour l'essayer, on pose un côté SB sur la ligne horaire, et l'on applique l'autre côté le long du style CS avec lequel ce côté doit coïncider; sinon, on augmente ou diminue l'angle SCB jusqu'à ce que cette condition soit remplie. On trouve les valeurs suivantes pour l'angle SCB, que forme le style SC d'un cadran horizontal, à Paris, avec la ligne de

Ih ou XIh. . .	49°49′	IVh ou VIIIh. . . .	66°23′
II ou X.	52.52	V ou VII.	77.15
III ou IX.	58.16	VI.	98. 0

309. Un cadran construit pour une latitude ne peut convenir

à une autre, qu'autant qu'on aurait conservé le parallélisme à l'axe du mouvement diurne : cela suit de la génération même des lignes horaires (n° 300, 1°.). Un cadran horizontal fait pour Paris peut donc servir partout, pourvu qu'au lieu de le fixer horizontalement, on l'incline convenablement; c.-à-d. que le style doit encore être parallèle à l'axe de la Terre. A cet effet, il suffira de placer la ligne du milieu dans le méridien, et d'incliner, vers le nord ou le sud, d'une valeur angulaire égale à la différence des latitudes des deux pays. On se sert de ce moyen lorsqu'on veut éviter que l'eau ne séjourne sur l'aire du cadran.

On trouve dans le commerce des cadrans horizontaux portatifs; mais ils ne peuvent servir que pour les lieux qui ont la latitude pour laquelle on les a construits. C'est une petite boîte contenant une boussole pour l'orientation, comme on l'a dit p. 422. Le plan du cadran est placé horizontalement, et les lignes horaires s'y trouvent disposées comme on le voit figure 66. Quant au style, il est, ou monté sur charnière pour pouvoir le rabattre quand on ne se sert pas de l'instrument, ou un simple fil tendu du centre du cadran à un point du couvercle qui est ouvert verticalement; le point d'attache de ce fil au couvercle est tel, que le fil soit incliné sur le plan du cadran d'autant de degrés que la latitude, pour qu'il soit parallèle à l'axe de la Terre. On y adapte souvent aussi un cadran vertical(*v.* ci-après) tracé sur le couvercle, et ces deux cadrans doivent donner la même heure.

310. *Cadran méridional et septentrional.* Il est tracé sur un plan vertical exactement perpendiculaire au méridien ; on conclut de ce qui vient d'être dit, que le cadran horizontal construit pour un pays dont la latitude serait le complément à 90° de celle du lieu même, transporté parallèlement, devient vertical en ce lieu et convient au plan dont il s'agit. Ainsi, pour construire le cadran proposé, il suffit d'en faire un horizontal pour une latitude complémentaire (41° 10′ pour Paris). La méridienne est verticale ; le style fait avec cette droite un angle égal à ce même complément; et puisque les lignes horaires sont les sec-

tions des plans horaires par le plan vertical du cadran, la face de ce plan qui regarde le nord et celle qui est vers le sud forment deux cadrans verticaux; le style de l'un est le prolongement de celui de l'autre, après avoir percé le plan, et ils ont les mêmes lignes horaires. En supposant le cadran transparent, un seul tracé donnera les heures sur les deux faces, le style perçant le plan sous une même direction.

On voit donc que rien n'est plus aisé que de décrire ces cadrans. Dans le méridional, les angles du style avec la méridienne et les lignes horaires sont ouverts par en bas, le septentrional, au contraire, a son axe libre par l'extrémité supérieure et fixé à l'inférieur, et les angles sont ouverts par en haut. Du reste, on trace seulement les heures que le cadran peut indiquer, c.-à-d. celles où le Soleil peut en éclairer la surface.

311. *Cadran oriental et occidental.* C'est celui qu'on trace sur le plan même du méridien. Comme tout style est parallèle à l'axe de la Terre, ici l'aiguille ST (fig. 63) est parallèle à notre plan vertical, et inclinée sur l'horizon autant que l'est ce même axe; de plus, le plan de 6^h étant celui qui, passant par l'axe ST, est perpendiculaire au méridien, la ligne de 6^h est la projection GH du style sur le cadran. Dans tout cadran (n° 300), les plans horaires se croisent tous suivant le style, et sont également inclinés entre eux (de 15° en 15° pour chaque heure). Dans le cas actuel, où le style est parallèle au plan du cadran, les lignes horaires étant les sections de ce plan par les plans horaires, sont toutes parallèles à cette même droite ST ou GH. Enfin, le plan perpendiculaire à l'axe étant parallèle à l'équateur, coupe les plans horaires selon des angles de 15° en 15° par heure. De là résulte la construction suivante.

Sur le plan méridien destiné à recevoir le cadran, faites, avec l'horizontale BC, un angle B égal à la latitude, la partie supérieure H se dirigeant vers le pôle nord; fixez l'axe ST parallèlement à HB, à une distance quelconque GS en avant du cadran, en sorte que toutes les droites menées par ST perpen-

diculairement au cadran, tombent sur la droite HG, qui est la ligne de 6^h. Sur EOF, perpendiculaire à HG, portez, à partir de O et de part et d'autre, des longueurs OI, OK..., égales aux tangentes de 15°, 30°... pour le rayon GS (on tracera, à part, un cercle de rayon GS, qui servira à trouver ces tangentes). Par ex., pour la ligne de 4^h, OK est la tangente de 30°, le rayon étant OF; pour la ligne de 5^h, OI est la tangente de 15°, et ainsi des autres. Par les points I, K.... ainsi déterminés, menez des parallèles à HG, vous aurez les lignes d'heures. On obtiendrait aussi facilement les demies, les quarts, etc.

Le Soleil n'éclaire pas ce cadran à midi, non plus que dans la matinée, quand il regarde le couchant; point dans la soirée, s'il est tourné vers l'est; d'ailleurs, ici comme dessus, le cadran oriental est le même que l'occidental; au nom près des heures; et si l'une de ces deux figures est tracée sur une feuille huilée, l'autre paraîtra sur le revers.

Il est inutile de parler du *cadran polaire* tracé sur un plan dont la direction va au pôle et aux points d'est et ouest, incliné sur l'horizon, autant que l'est l'axe terrestre. Les lignes horaires, le style, la méridienne sont des lignes parallèles qu'on trace par la même construction que nous venons d'exposer. C'est le cadran horizontal des pays situés sous l'équateur.

312. *Construire un cadran solaire sur une surface quelconque.* **Orientez exactement, devant la surface, un cadran équinoxial ou horizontal, ou etc., construit d'après les règles qui ont été données. Dans cette situation, l'ombre du style de ce dernier cadran, que nous nommerons *auxiliaire*, se porte sur ses diverses lignes horaires à mesure que le Soleil tourne. Le style est nécessairement parallèle à l'axe de rotation du ciel (n° 300, 2°). Il suit de ce qui a été exposé ci-devant, qu'en prolongeant ce style vers la surface proposée, ce prolongement servira d'aiguille au cadran qu'on veut construire. Il faudra donc fixer l'aiguille selon ce prolongement, qu'on trouve en tendant un fil dans cette direction.**

Les plans horaires passent tous par le style, et chacun suit

une des lignes du cadran auxiliaire. Il reste à marquer sur la surface proposée les intersections de ces plans horaires par cette surface, que nous prenons ici courbe ou plane, telle qu'elle est donnée. Le plan horaire de 10^h, par ex., étant prolongé jusqu'à cette surface, donne la ligne horaire de 10^h, qu'on obtient ainsi par un simple alignement. On peut attendre que, durant le jour, le Soleil porte l'ombre du style sur les diverses lignes du cadran auxiliaire, et tracer au même instant l'ombre portée sur la surface dont il s'agit : ou bien, on placera la nuit une bougie allumée en avant de cette surface, et la dirigeant de manière à projeter l'ombre du style sur une des lignes du cadran auxilaire, on marquera la trace d'ombre portée à la surface proposée.

Le plus ordinairement, le cadran doit être tracé sur un plan. Les lignes horaires sont alors des droites dirigées au centre, point où le style perce ce plan. Il suffit donc d'avoir un second point pour chacune de ces lignes, et ce point s'obtient en prolongeant, jusqu'au plan proposé, la ligne horaire de même nom prise sur le cadran auxiliaire. Par ex., un fil tendu rasant la ligne de 10^h du cadran auxiliaire, va marquer, par son prolongement jusqu'au plan, un point de la ligne de 10^h du cadran demandé.

313. *Second procédé.* Supposons qu'on ait fixé l'aiguille parallèlement à l'axe de la Terre, à l'aide des moyens qui vont être exposés (n° 314); il ne s'agira plus que de tracer les lignes horaires. Qu'on ait une montre ou une pendule assez exacte pour ne présenter aucune différence notable dans la durée de 24 heures; on choisira un jour serein, et d'heure en heure (ou de demi-heure en demi-heure, ou de quart en quart), on suivra la marche de l'ombre portée à la surface, et on la marquera d'un trait. Si la surface est plane, ces lignes seront des droites.

On peut aussi employer au lieu d'aiguille un disque percé au centre, fig. 43. Il faut alors que le trou soit l'un des points du style, son extrémité, par ex.; on supprime ensuite cette aiguille, dont la plaque tient lieu (n° 301). Quand le cadran est plan, il est

plus facile de fixer d'abord le disque dans telle situation qu'on veut, de manière cependant qu'il puisse projeter le rayon solaire, *dans toutes les saisons*, sur l'étendue qu'on destine au cadran. On tracera d'abord une méridienne d'après les principes exposés n° 206; puis réglant une bonne montre sur cette indication, on marquera d'heure en heure, ou de quart en quart... le centre du cercle lumineux peint sur le cadran : on aura ainsi un point de chaque ligne horaire. En réitérant l'opération plusieurs mois après, on obtiendra de même un second point, et le cadran sera bientôt achevé.

Comme les lignes horaires vont concourir au centre du cadran, au lieu de remettre à plusieurs mois pour trouver le second point, on peut chercher le centre par l'opération qui sera décrite p. 434. La réfraction atmosphérique influe un peu sur les points ainsi obtenus; mais rien ne peut soustraire les cadrans solaires à cet effet; aussi l'heure n'est-elle jamais donnée avec exactitude qu'à midi même, et l'erreur croît à mesure que le Soleil s'abaisse sur l'horizon.

314. *Fixer un axe parallèlement à la ligne qui va d'un pôle à l'autre, ou placer l'aiguille d'un cadran.*

Alignez l'étoile polaire avec une règle; cette direction est celle que vous cherchez. Comme la Polaire est à $1° \frac{1}{2}$ du pôle, si vous voulez plus de rigueur dans cet alignement, attendez le passage de cette étoile au méridien inférieur ou supérieur (n° 209); ensuite élevez ou abaissez verticalement cette direction de $1° \frac{1}{2}$, ce qui est facile à faire, en dirigeant vers la Polaire l'alidade d'un graphomètre dont le limbe serait vertical.

Au reste, cette opération est rarement commode; car, outre qu'elle exige l'emploi d'un instrument, il n'est guère possible d'apercevoir la Polaire quand on se trouve devant le mur qui doit porter le cadran. Comme la latitude est connue, il suffit de tracer une méridienne horizontale, et de disposer, dans un plan vertical, au-dessus de cette méridienne, un axe qui fasse avec cette droite un angle égal à la hauteur du pôle.

Second procédé. Le jour même d'un équinoxe et à un instant

quelconque, on inclinera un plan de figure arbitraire, de sorte que le Soleil n'en éclaire que le bord extérieur; dans le restant du jour, cet astre ne doit non plus éclairer ni l'une ni l'autre des deux faces. La perpendiculaire à ce plan est le style cherché. Cela suit de ce que le plan incliné se trouve parallèle à l'équateur, cercle que décrit alors le Soleil. (*Voyez* ce qu'on a dit n° 303, sur le cadran équinoxial.)

Les procédés qui nous restent à exposer ne s'appliquent qu'au cas où le cadran est tracé sur un plan vertical.

Troisième procédé. Construisez un triangle GCM (fig. 44) de grandeur arbitraire, dont l'angle C soit le complément de la hauteur du pôle (à Paris, l'angle GCM est de 41° 10'); tracez sur le mur BCMD une verticale quelconque CM, qui sera la ligne de midi; appliquez le côté CM du triangle GCM sur la verticale, puis, faisant tourner ce triangle autour de CM, faites en sorte qu'à midi précis l'ombre de ce plan CMG se réduise à la seule verticale CM; arrêtez le plan dans cette situation; CG est la direction demandée. Ainsi, fixez dans le mur une verge le long de CG, ou une plaque GCS, dont l'arête coïncide avec CG, vous aurez la parallèle à l'axe du monde, ou l'aiguille du cadran. C est le centre, point où toutes les lignes horaires vont concourir. Ces lignes sont ensuite faciles à tracer d'après ce qu'on vient de dire n° 313.

Lorsque le cadran a de grandes dimensions, ou qu'il diffère peu du méridien, comme le centre C est très éloigné, on ne conserve qu'une partie du triangle GCM, telle que le trapèze IGMK, de hauteur KM arbitraire. Ce trapèze doit aussi être appliqué le long de la verticale CM, et projeter son ombre sur cette même droite à midi. L'axe CG est réduit à une partie IG de sa longueur, qu'on fixe dans la direction ainsi déterminée. Cette opération donne le tracé des *cadrans sans centre*.

Quatrième procédé, à l'aide de deux ombres égales. Après avoir tracé une verticale CM (fig. 44) pour représenter la ligne de midi, et plusieurs cercles concentriques, tels que ESD, le centre A étant où l'on voudra, on fixera en A un axe AB perpendiculaire au mur, ce qui sera facile à l'aide d'une équerre :

AB est alors horizontal. On marquera sur les circonférences concentriques les extrémités des ombres égales AD, AE, comme on l'a fait n° 206 pour le tracé d'une méridienne. La droite CAS qui coupe par le milieu tous ces arcs DE, est ce qu'on nomme la *Soustylaire* : c'est la projection du style CG sur le cadran.

En effet, si CG est l'aiguille, dans la position qui lui appartient, parallèle à l'axe du monde, et si CA est sa projection sur le mur; lorsque le Soleil, en décrivant son cercle diurne, entre dans le plan horaire SGCA perpendiculaire au cadran, l'ombre de AB est dans ce même plan, c.-à-d. est la projection CAS du style. Prenons deux plans horaires également inclinés des deux côtés du plan CAS, et par conséquent faisant de part et d'autre des angles égaux avec le mur; la partie AF de AB projettera des ombres égales Ae, Aq, et également inclinées sur AS, puisque tout est égal des deux côtés du plan GCS. Donc AB donnera aussi des ombres égales AD, AE, prolongement des précédentes, et AS coupera l'arc DE au milieu S.

Une fois la soustylaire SC connue, il ne restera qu'à placer le plan triangulaire GCM, dont l'angle C est la distance du pôle au zénith, de manière que l'un des côtés coïncidant avec la verticale CM, l'autre vienne s'appuyer sur AB, en un point quelconque F. Ce triangle ainsi posé, CG est la direction du style. On peut également se servir du triangle GCS perpendiculaire au mur et formant l'angle GCS ainsi déterminé.

318. *Cinquième procédé,* par un point d'ombre à midi. Fixez au mur une tige DB (fig. 65) de forme quelconque, l'extrémité libre D portera une ombre O sur le mur; et même, pour rendre cette ombre plus précise, on peut ajuster en D une plaque percée laissant passer un rayon solaire (*voy.* n° 301). Marquez à midi précis le point d'ombre O, la verticale CO est la méridienne. Le style CT doit passer en un point C de cette ligne; ce point C est inconnu. Puisqu'on veut que le style CD passe par D, l'angle

TCO étant le complément de la latitude, les angles du triangle DCO sont connus. En effet, l'angle O est la distance méridienne SOC du Soleil au zénith = latitude ± la déclin. ☉. (*Voy*. nᵒˢ 32 et 234); l'angle C est 90° — la latitude. Enfin, vous pouvez mesurer exactement la longueur DO. Ainsi, par une construction, ou plus exactement, en résolvant le triangle DCO, vous connaîtrez la distance OC : le centre C est ainsi déterminé. Il reste à fixer l'aiguille CT au point C, en l'appuyant sur l'extrémité D de la tige DB, qu'on ôte ensuite si on le juge à propos.

Observez que l'angle dièdre formé par le plan du cadran avec le triangle TCO ainsi fixé, est l'azimut de cette surface verticale. (*Voy*. page 441).

Comme on peut être embarrassé pour mesurer la longueur DO, on abaisse sur la méridienne la perpendiculaire horizontale DI, qu'on mesure. La longueur IC se tire du triangle rectangle DIC, dans lequel on connaît l'angle C et le côté DI.

316. *Cadran vertical déclinant*. Un plan vertical est oblique au méridien, qu'il coupe suivant une verticale et sous un angle donné; il s'agit de tracer un cadran sur ce plan. Quant à la manière de trouver cet angle qui est l'*Azimut*, consultez le n° **317**. Concevons un plan horizontal selon la ligne GAD (fig. 74), et rabattons ce plan sur le cadran dans l'étendue GOD en le faisant tourner autour de l'horizontale GD. Le méridien qui passe par la verticale SA coupe l'horizon suivant la droite AO, dont la direction dépend de l'azimut du cadran, angle que nous représentons ici par BAO, et que nous supposons connu. Puisque le style est parallèle à l'axe de la Terre, nous savons qu'il est situé dans le méridien SAO, allant, par ex., de S en O, et faisant avec l'horizon un angle égal à la latitude. Soit donc fait, à droite ou à gauche de SA, l'angle AGS égal à la latitude, et soit pris AO = AG; les heures seront indiquées par l'ombre de l'hypoténuse SO du triangle SAO, rectangle en A, triangle qui est dirigé selon la verticale SA dans le méridien, c.-à-d. obliquement au plan du cadran, sous l'angle azimutal BAO.

La verticale OB donne la droite SB, qui est la *Soustylaire*, ou la projection du style sur le cadran. Menant BC perpendiculaire sur SB et prenant BC=BO, le triangle SBC est formé par le style SC et sa projection SB sur le plan vertical du cadran. En effet, si l'on fait tourner les triangles SGA autour de SA, SBC autour de SB, ABO autour de AB; et qu'on fasse coïncider les trois points G, C, O en un seul, il est visible que l'espace compris sera un tétraèdre dont le style SG ou SC sera une arête, élevée dans le plan CSB perpendiculaire au cadran, et au-dessus de SB.

Concluons de là qu'il faut mener sur le plan du cadran une verticale SA (fig. 64), pour représenter la ligne de midi, puis sa perpendiculaire GB; faire l'angle AGS égal à la latitude du lieu, passant par un point quelconque S, qui sera le centre du cadran, où le point de concours de toutes les lignes horaires; l'angle BAO égal à l'azimut du plan vertical; prendre AO=AG; mener la verticale BO, puis SB qui sera la soustylaire; enfin former le triangle SBC rectangle en B, ayant BC=BO, et placer ce triangle SBC suivant SB, d'équerre sur le cadran. SC sera parallèle à l'axe de la Terre, et l'ombre de cette ligne, en se projetant sur le cadran, devra marquer les heures.

S étant le centre du cadran, il faut connaître un second point de chaque ligne horaire; mais si l'on construit un cadran équinoxial, dont O soit le centre, et OA la méridienne (fig. 74) le style sera le même que pour notre plan vertical. Les lignes horaires de ce cadran auxiliaire seront OG, OA, O1, O2,... : en les prolongeant jusqu'à l'horizontale GD, les points de rencontre G, A, 1, 2,... appartiennent aux divers points horaires, puisqu'il a été prouvé (n° 312) que le style étant le même pour les deux cadrans, les plans horaires sont aussi les mêmes, et que par conséquent les lignes horaires, prolongées sur l'un et l'autre, doivent se rencontrer. D'après cela, il ne reste plus qu'à mener des droites de ces points G, A, 1, 2,..., au centre S.

Voici donc la construction qu'il faudra exécuter avec soin.

Tracez la verticale méridienne SAH (fig. 64), l'horizontale

quelconque GAR, et par le point arbitraire S de la première, pris pour centre du cadran, tirez la droite SG faisant l'angle GSA égal au complément de la latitude du lieu. Tirez la droite AO qui fasse l'angle OAB égal à l'azimut du mur, et prenez AO = AG; la verticale OB donnera la droite SB qui est la soustylaire. Élevez BC perpendiculaire à SB, prenez BC=BO, et SC sera le style, en sorte que le plan triangulaire BSC, élevé sur SB perpendiculairement au cadran, donnera la position SC suivant laquelle il faudra fixer le style SC sur le mur.

D'un point D de SB, abaissez DC perpendiculaire sur SC, et prenez DP=DC sur le prolongement de la soustylaire SB; P sera le centre du cadran équinoxial : et si vous menez la ligne IR perpendiculaire en D à SB, PIR sera ce cadran recouché sur le plan vertical; PH sera sa méridienne; PR menée au point de section R avec GB, sera sa ligne de 6^h; en sorte que SR sera cette même ligne horaire pour notre cadran vertical, et l'angle HAR devra être droit, ce qui sert à vérifier l'exactitude des tracés.

Du centre P, décrivez une circonférence KNDQ, avec le rayon PD, et partagez cette courbe en arcs de 15 en 15 degrés, à partir du point N. Si NK est de 30°, on tirera PK, dont le prolongement donnera en I un point de la ligne de 10^h, laquelle sera SI : et ainsi des autres lignes horaires.

Observez que, dans notre figure 74, nous supposons que le cadran est tourné vers l'ouest et le sud (l'azimut est ici de 60°); mais il faut diriger l'ouverture de l'angle azimutal BAO, du côté gauche, lorsque le plan regarde l'est et le sud. Nous croyons inutile de répéter ici (n° 310) que, si le cadran est dessiné sur une feuille transparente, les mêmes lignes horaires, vues au *verso*, sont celles qui conviennent au cadran construit sur la face verticale opposée, c.-à-d. sur celle qui regarde le septentrion. Le style, après avoir percé le plan, doit alors être prolongé de l'autre part; et comme on ne marque que les heures où le Soleil peut éclairer le cadran, le centre se trouve alors être en bas, les lignes horaires et le style vont en divergeant

vers le haut. Du reste, si le cadran regarde le sud, pour deux azimuts égaux, l'un oriental, l'autre occidental, les cadrans sont les mêmes, excepté que l'un offre à droite les angles qui, dans l'autre, sont à gauche; en sorte que notre feuille transparente donne au *verso* ce second cadran, en changeant les numéros des heures du matin en celles du soir.

On voit que la soustylaire est à droite de la méridienne quand le plan décline vers l'ouest; alors ce n'est qu'après midi que le vertical du Soleil est perpendiculaire au cadran; un axe normal y projette alors une ombre verticale. Quand le cadran décline vers l'est, la soustylaire est à gauche. C'est un moyen facile de distinguer l'une de ces circonstances de l'autre, lorsque la déclinaison du mur n'est pas grande.

Comme les lignes horaires du cadran horizontal, à cause de leur divergence, rendent les points de section avec l'horizontale GB douteux, et éloignés pour de certaines heures, on remédie à cet inconvénient par la construction suivante, qui d'ailleurs convient à tous les cadrans plans.

Soit pris un point quelconque i (fig. 74) sur la ligne horaire de XI^h, par ex.; menez par ce point i une droite df parallèle à SV, qui est distante de 6^h; prenez les longueurs $iA = ik$, $id = if$,... et vous aurez des points k, d,... sur les lignes horaires de X^h, IX^h... Cela résulte de ce que les plans horaires de XI^h et de V^h sont à angle droit, comme étant distants l'un de l'autre de 6^h ou $90°$. Tout plan qu'on mènerait parallèlement à celui de V^h couperait donc, 1°. celui de XI^h à angle droit; 2°. le cadran, selon une parallèle df à SV; 3°. enfin, les plans horaires suivant des parallèles au style, c'est-à-dire selon des droites également inclinées sur fd aux points d, k, i, f, ... On voit donc que la perpendiculaire menée en i au plan de XI^h est dans notre plan fAd, et rencontre les plans horaires dont l'inclinaison sur celui-ci est la même, en des points qui déterminent des triangles égaux, puisque tout est égal des deux côtés du plan de XI^h. Partant, etc.

Lors donc que, par un moyen quelconque, dans tout cadran plan, on aura trouvé les lignes horaires comprises dans l'espace

de 6^h consécutives, cette dernière construction donnera les autres en-deçà et au-delà.

Second procédé. On a vu (p. 435) comment la direction de la soustylaire résulte de l'observation de deux ombres égales. Une verticale quelconque peut être prise pour méridienne, et l'angle formé par ces deux droites est ainsi connu. Cela posé, la verticale ZA (fig 69) étant la ligne de midi, et la droite ZD faisant l'angle AZD qu'on vient d'obtenir, ZD est la soustylaire. Tracez une horizontale arbitraire GB, et une verticale DC, par le point D de section avec ZD; enfin l'oblique ZG faisant l'angle GZA complément de la latitude. Décrivez du centre A avec le rayon AG une circonférence qui coupera DC au point C, la droite AC donnera l'azimut CAD du mur; enfin, prenant sur BC (fig. 74) perpendiculaire à SB la longueur BC = BO, vous avez l'angle BSC du style avec la soustylaire. Le reste de la construction va de suite, comme p. 438.

Ceci ne suppose pas qu'on connaisse la déclinaison du mur, ni la direction de la méridienne horizontale AO (fig. 74), et même détermine ces deux choses. Du reste, il est quelquefois difficile d'obtenir deux ombres égales, surtout quand le mur diffère peu du méridien. Alors il faut opérer comme il suit.

Fixez une tige PQ (fig. 69) sur le mur, et marquez le point N d'ombre portée, à midi précis, par l'extrémité libre Q; la verticale ZN est la méridienne, chaque jour l'ombre de Q devant se porter à midi sur quelque point de ZN (n° 206). Menez l'horizontale QD perpendiculaire au mur qu'elle rencontre en D, et par ce point tracez sur le mur l'horizontale DG et la verticale DC; faites DC = QD : la droite CA donne l'azimut CAD; puis prenez AG = AC, faites l'angle G égal à la latitude, vous aurez le centre Z, puis la soustylaire ZD. Le reste comme ci-devant. L'aiguille s'appuie sur les points Q et Z.

C'est aussi à l'aide d'un point d'ombre à midi que nous avons enseigné (n° 318) à fixer le style dans la direction convenable; on peut encore se servir du dernier moyen pour atteindre à ce but. Ces divers procédés se suppléent suivant les cas, ou se vérifient mutuellement.

Troisième procédé. Lorsque le cadran a de grandes dimensions ainsi qu'on en voit sur des murs, où l'on n'indique que deux ou trois heures, ces constructions n'ont plus assez d'exactitude. On préfère calculer les angles que forme la méridienne ou la soustylaire avec les diverses lignes horaires.

317. *Trouver l'azimut d'un mur, ou l'angle dont il décline vers l'est ou l'ouest.*

La déclinaison d'un mur vertical est l'angle qu'il forme avec le *premier vertical*, c'est-à-dire avec le plan qui passe par le zénith et les points d'est et ouest. Cet angle est le complément de l'azimut. Nous avons déjà donné des moyens (n° 218) d'évaluer cet angle, soit à l'aide des astres, soit par la boussole ou le déclinatoire; et aussi p. 440: nous en exposerons ici trois autres.

Premier procédé. Qu'on trace en avant du mur, sur un plan horizontal BDG (fig. 71), une méridienne DA; en prolongeant celle-ci jusqu'au mur en A, et menant par ce point, sur le cadran, une horizontale BG, l'angle GAD est l'azimut cherché. Pour obtenir le nombre de degrés de cet angle, il faut, à l'aide d'une échelle formée de parties égales très serrées, mesurer DA, une longueur quelconque GA et la distance GD. La construction, ou la résolution du triangle GAD, donne aisément l'angle A. On mesure ensuite une autre longueur BA sur l'horizontale GB, et l'on opère de même pour le triangle DAB. Le premier résultat obtenu est vérifié, quand les deux angles DAB, DAG réunis valent 180°.

Si l'on a l'heure précise de midi, notre opération se réduit à suspendre un fil-à-plomb ID en avant du mur et à marquer l'ombre DA portée sur le plan horizontal. L'angle GAD est celui qu'on demande. Si, par exemple, le style a d'abord été fixé dans la situation SD qui lui convient (fig. 71), à l'aide des moyens décrits (n° 314), on mènera, sur le plan, l'horizontale BG, la verticale SA, qui est la méridienne, puis joignant, par une horizontale DA, le point A au style, l'angle GAD est déterminé.

Second procédé. Observez l'heure à laquelle le vertical du Soleil est perpendiculaire au plan du cadran, ce qui arrive

quand l'ombre horizontale DO (fig. 71) d'un fil-à-plomb DI est perpendiculaire à ce plan, ou que les angles GOD, DOB sont droits. Mesurez alors l'angle ODA (n° 218) formé par l'horizontale DO avec la méridienne DA, ou calculez cet angle, qui est l'azimut du Soleil au même moment. L'azimut du mur est le complément de cet angle ODA.

Cadrans sans centre. Quand on ne veut indiquer que deux ou trois heures par des lignes très écartées, ou lorsque le plan du cadran diffère peu du méridien, le centre S (fig. 74) est très éloigné et ne peut plus être employé à mener les lignes horaires. Dans ce cas, on doit encore tracer la méridienne verticale AS, l'horizontale GD, l'angle BAO de l'azimut, l'angle AGS de la latitude; enfin, prendre AO = AG, tracer la verticale OB, qui donne le point B de la soustylaire, et décrire un cadran horizontal dont O est le centre et AO la méridienne; ce cadran donne sur GD un point de chaque ligne horaire. Mais cette construction, en tout la même que n° 516, ne détermine plus les lignes horaires ni la soustylaire, parce que le centre S est supposé trop éloigné pour se trouver compris dans l'aire destinée au cadran. On a alors recours à l'un des trois procédés qui suivent.

I. Menez une seconde horizontale et recommencez la même série de constructions; seulement l'analogue de la longueur AG ne sera plus une arbitraire, mais sera donnée par la rencontre de cette horizontale avec la direction SG, qui est connue, puisque l'angle G est égal à la latitude du lieu. Ces constructions étant exécutées pour la deuxième horizontale, vous aurez ainsi un second point de chaque ligne horaire et de la soustylaire, et même un second point C pour déterminer le style, qui est un trapèze, comme on l'a dit p. 434. Dans ce procédé, on est obligé de construire deux cadrans horizontaux auxiliaires, savoir, un pour chaque horizontale.

II. On peut aussi user du moyen donné en Géométrie, pour mener, par un point donné D (fig. 73), une ligne qui aboutisse au point inconnu S, où concourent deux droites données A*a*, G*g* prolongées, ce point S étant très éloigné. Soient donc SA

la méridienne verticale, l'angle SGA égal à la latitude, GD une horizontale, enfin D un point de la soustylaire ou d'une ligne horaire, déterminé comme il a été dit ci-devant. Il s'agit de mener une droite du point D au centre S, regardé comme très éloigné et inconnu.

Menez l'horizontale quelconque *gd*, puis G*a* et sa parallèle *gi*, enfin D*a*, et, par le point *i*, sa parallèle *id*; *d* sera un second point de la ligne cherchée D*d*S. En effet, quand de S on tire trois droites SG, SD, SA, et deux parallèles GD, *gd*, puis deux autres parallèles G*a*, *gi*, on a les proportions

$$GD : gd :: SA : Sa :: SG : Sg :: Ga : gi.$$

Ainsi, les triangles G*a*D, *gid* sont semblables, comme ayant un angle égal $G = g$, compris entre des côtés proportionnels, qui sont les rapports extrêmes de nos proportions : ainsi *id* est parallèle à *a*D.

III. On peut aussi employer le calcul à la détermination des angles.

318. Nous terminerons cette exposition par deux remarques importantes.

1°. On ne marque sur le cadran que les heures où le Soleil y peut répandre sa lumière. La parallèle à GD (fig. 74), menée par le point O, donne, sur le cadran horizontal, cette limite des lignes horaires ; car le cercle horaire mené par cette parallèle et le style ne coupant pas l'horizontale GD, l'ombre du style n'est pas projetée sur le mur à cet instant. On a coutume de placer la méridienne à peu près au milieu de l'espace réservé au cadran, quand l'azimut n'est pas très grand ; mais quand le mur regarde à l'ouest ou à l'est presque directement, on doit placer la méridienne près du bord de cet espace.

2°. Ordinairement le style est une plaque triangulaire ou une barre dont on rend une arête coupante, ou qu'on termine par une pointe pour servir d'aiguille ; mais si l'épaisseur du style conservait deux arêtes vives, dont l'orientale donnerait, par son ombre, les heures du soir, et l'occidentale celles du matin,

il faudrait tracer deux méridiennes écartées de l'épaisseur du style, et décrire deux cadrans, l'un pour le soir, l'autre pour le matin. C'est ce qu'on nomme un *cadran à deux centres.*

Courbes des signes du zodiaque. L'ombre de l'extrémité du style décrit chaque jour une courbe sur le cadran; on marque souvent celles de ces lignes qui se rapportent aux époques les plus remarquables de l'année, en sorte qu'on puisse y lire le mois et la date. Voici le moyen de tracer ces courbes.

Du sommet E de l'angle droit SED (fig. 75), décrivez l'arc aa' avec un rayon quelconque; de part et d'autre du point D, prenez $Da = Da' = 23° 28'$, déclinaison du Soleil dans les tropiques; prenez de même $Db = Db' = 20° 10'$, $Dc = Dc' = 11° 29'$: ce sont les déclinaisons du Soleil à son entrée dans les divers signes qu'on voit marqués figure 75 sur les rayons correspondants. En consultant l'*Annuaire*, on peut de même marquer des divisions qui répondent aux moitiés, aux tiers, ... des signes du zodiaque. On formera ainsi une figure qu'on nomme *Trigone des signes*, fig. 75, dont voici l'usage.

Appliquez la droite SET le long de l'aiguille, E étant son extrémité, et faites tourner le trigone autour de l'aiguille. Il est clair que la droite ED décrira un plan perpendiculaire à ST, c'est-à-dire l'équateur même, que le Soleil parcourt aux équinoxes ♎ et ♈ : à cette époque, l'ombre du point E suivra la direction ED. Ainsi, ces deux jours, l'ombre tracera une droite perpendiculaire à la soustylaire, droite qu'on nomme l'*Équinoxiale.* Une soie fine, fixée au centre E, tendue et rasant le trigone le long de ED, ira marquer sur le cadran autant de points qu'on voudra de cette ligne, en faisant tourner le trigone autour du style.

De même, le jour du solstice d'été, le Soleil décrit le tropique ♋, distant de l'équateur de 23° 28'. Ainsi, cet astre se trouve dans le prolongement du rayon aE, et l'ombre de E suit cette même direction. En faisant tourner le trigone autour du style, et maintenant la soie tendue le long de Ea, son prolongement ira de même marquer sur le cadran divers points d'ombre portés par E. Ces points étant unis par un trait continu,

on aura la courbe décrite par l'ombre de E, le jour du solstice d'été. Il en faut dire autant des autres époques de l'année, et si le cadran a une assez grande étendue, on pourra y marquer les dates de 10 en 10 jours, ou de 5 en 5,... et les principales fêtes immobiles. Ces courbes sont des *hyperboles* (n° 206).

Comme il peut être embarrassant de faire mouvoir le trigone autour du style, on préfère recoucher le style sur le cadran, en tournant autour d'une des lignes horaires, celle de I[h], par ex. L'angle CSI (fig. 74) formé dans l'espace par le style et la ligne de 1[h], est censé connu, et l'on peut construire sur le plan cet angle CSI. C'est à peu près ainsi que, dans la fig. 74, nous avons fait tourner le style CSB autour de la soustylaire SB. Le trigone s'applique ensuite sur le plan même du cadran, le long du style recouché, et l'on marque sur la ligne de 1[h] les prolongements des divers rayons du trigone. On en fait autant pour les autres lignes horaires, et l'on joint par une courbe tous les points relatifs à un même signe, d'après leurs dates solaires respectives.

Observez que, dans l'usage du trigone (fig. 75), la réglette ST doit être appliquée le long de l'arète du style, le point E étant sur l'extrémité. Si le cadran est vertical, TE coïncide avec cette arète et SE en est le prolongement; s'il est horizontal, c'est au contraire SE qui se couche sur l'arète et c'est TE qui la dépasse.

319. *Méridienne du temps moyen.* Nous avons vu que l'*heure vraie* ou solaire, marquée sur un cadran, diffère de l'heure *moyenne* que donne une bonne horloge convenablement réglée (n° 48). On peut indiquer cette différence sur les cadrans solaires. A cet effet, on y trace les lignes horaires de 4′ en 4′ depuis 16′ avant midi jusqu'à 16′ après, et aussi dans cette même durée, les courbes des signes de 10 en 10 jours. Il est inutile de dire que ces constructions ne sont praticables que sur les cadrans de grandes dimensions. Si l'étendue le permet, on devra tracer des lignes horaires de 2′ en 2′, et les courbes de signes de 5 en 5 jours, et même de plus rapprochées encore,

s'il se peut. Cela fait, en consultant la Table VIII des différences entre midi vrai et midi moyen, pour chaque jour de l'année (nº 47), on marquera sur chacune des courbes les deux points du midi moyen. Ces points des diverses courbes, unis par un trait continu, formeront la *courbe méridienne du temps moyen*, laquelle a la figure d'un 8 resserré, qui va d'un tropique à l'autre, et qui est coupée en quatre points par la méridienne du cadran, aux époques où le temps vrai s'accorde avec le temps moyen. Deux de ces points de section sont si rapprochés qu'ils paraissent n'en former qu'un seul. On peut voir cette courbe dans les figures de l'*Encyclopédie méthodique*, où l'on en a dessiné une de grande étendue. Chaque fois que l'ombre de l'extrémité du style atteint cette courbe dans la branche qui répond au signe actuel, il est midi moyen.

Supposons donc qu'on veuille mettre une montre à l'heure moyenne le 25 septembre; en évaluant, à cette date, l'intervalle qui mesure la différence du midi moyen au midi vrai, sur les deux méridiennes du cadran, on trouve que le Soleil est en avance de 8′ : si donc l'ombre indique 10 heures, on en conclut qu'il n'est en effet que 10^h moins 8′ de temps moyen. La Table VIII donne avec plus de précision cette différence, et rend inutile la méridienne du temps moyen : on y lit que, le 25 septembre, le Soleil avance de 8′ 15″.

320. *Trouver l'heure sur un cadran solaire à l'aide de la lumière de la Lune.*

On connaît chaque jour, soit par le calcul algébrique, soit par l'*Annuaire* ou la *Connaissance des Tems*, l'instant où la Lune entre au méridien (*voy*. page 260), instant où l'ombre tombe sur la ligne de XII^h. A l'heure où l'ombre est projetée sur la ligne de XI^h ou de I^h, on est assuré que l'astre est distant de 1^h du méridien; il l'est de 2^h quand l'ombre est portée sur la ligne de X^h ou de II^h, et ainsi des autres. L'heure du passage méridien de la Lune étant la différence des heures marquées par le Soleil et par la Lune, l'heure actuelle peut se lire sur un cadran solaire à l'aide d'un petit calcul: *à l'heure du passage*

méridien de la Lune, ajoutez celle qu'indique l'ombre de cet astre projetée sur le cadran; vous aurez l'heure approchée, en ôtant 12^h, si la somme surpasse 12.

Je suppose, par ex., que le 23 juillet 1828, je veuille obtenir l'heure sur un cadran solaire à la clarté de la Lune; je trouve que l'astre est au méridien à $8^h 56'$. Si l'ombre indique $10^h 45'$, en ajoutant ces deux nombres, et ôtant 12^h, j'ai $7^h 41'$ pour l'heure approchée. Mais si l'ombre se porte sur $3^h 45'$, en ajoutant à $8^h 56'$, je trouve qu'il est minuit $41'$.

On fait ici abstraction du mouvement propre de la Lune, qui l'écarte du Soleil vers l'orient de $12° 11'$ par jour, en termes moyens, ce qui fait $48',8$ de temps. Le résultat obtenu est donc d'autant plus défectueux que la Lune est plus loin du méridien, puisqu'il aurait fallu avoir égard à ce retard de $2'$ de temps par heure jusqu'au passage par ce plan. Ainsi, le résultat doit subir cette correction : *retranchez $2'$ par heure depuis celle qu'indique l'ombre jusqu'à* XII^h, *si cette ombre tombe avant* XII^h; *ajoutez au contraire $2'$ par heure si elle tombe après* XII^h Ainsi, dans notre exemple précédent, $1^h \frac{1}{4}$ d'intervalle répond à peu près à $2'$ de correction, et il est $7^h 39'$, au lieu de $7^h 41'$, si la Lune marque $10^h 45'$ à la date supposée : et quand l'ombre indique $3^h 45'$, il faut ajouter $8'$ à l'heure approchée $12^h 41'$, ce qui donne $49'$ après minuit.

Usage des Éphémérides pour en tirer les données des calculs astronomiques.

321. Delambre, Bürg, Burckhardt, Lindenau, Bouvard, de Zach, Carlini, ont réduit en tables les formules des mouvements du Soleil, de la Lune et des planètes : de simples additions suffisent pour donner la position de ces astres à chaque instant. La *Conn. des Tems* publie chaque année le résultat de ces calculs, pour l'usage des astronomes. On y trouve *la longitude, l'ascension droite vraie et moyenne, la déclinaison et l'équation du temps, pour chaque midi de Paris; la lon-*

gitude, la latitude, l'ascension droite, la déclinaison, la parallaxe horizontale équatoriale, le demi-diamètre de la Lune, pour midi et minuit, ainsi que l'heure de son passage au méridien, et les lieux des planètes.

Lorsqu'on demande l'un de ces arcs pour une autre heure H, il faut prendre, dans le livre, la différence entre deux nombres consécutifs, deux midis, par exemple, on répartit ensuite cette *variation diurne* proportionnellement au temps écoulé H, attendu que, dans une aussi courte durée, le mouvement est censé uniforme. On a donc la proportion 24^h : *l'heure proposée* H :: *la variation diurne* : *changement du nombre de la table pour* H *heures*. On ajoute ou retranche le 4e terme de ce nombre, selon que les arcs de la table vont en croissant ou en diminuant.

Comme $\frac{1}{24} = 2\frac{1}{2} : 60$, pour obtenir le mouvement en 1^h, on multiplie la variation diurne par $2\frac{1}{2}$, et l'on change les degrés ou heures en minutes, les minutes en secondes, les secondes en tierces. Par exemple, quelle est la déclinaison du Soleil à $10^h\ 18'$ du soir à Paris, le 13 septembre 1838? On trouve dans la *Conn. des Tems* que cet arc est à midi $3°52'54'',6$B, et qu'il décroît en 24^h de $23'\ 2'',6$.

Diff. en 24^h —	$23'2'$,6	pour 10^h.....	— $576''$,1
	23.2 ,6	15'.....	14 ,4
Moitié.......	11.31,3	3......	2 ,9
Var. horaire —	$57''36'''5$ = — $57''61$	— $9'\ 53''$,4 =	593 ,4
	Déclin. à midi.....	$3°52.54$,6	
	Déclin. demandée..	$3°43.\ 1$,2	

On fait le même calcul pour la longitude, l'asc. dr., l'équation du temps, etc. Mais comme la marche de la Lune est très irrégulière, cette proportion ne serait pas exacte pour cet astre, et l'on est obligé de recourir aux différences 2es, 3es,..., du moins lorsque l'on exige des résultats très précis. (*Voy.* mon *Astronomie pratique.*)

Lorsqu'on demande la déclin., l'asc. dr., etc. pour un lieu qui n'est pas sous le méridien de Paris, il faut d'abord cher-

chercher quelle est l'heure de cette ville à midi de Paris; *cette heure est la différence des longitudes en temps*, qu'on ajoute ou ôte à 12^h, selon que le lieu est à l'est ou à l'ouest de Paris. Par exemple, pour avoir la déclin. ⊙ à Brest à $9^h 50' 44''$, comme la différence des méridiens est $27' 16''$ ouest, on compte à Paris $10^h 18'$ à cet instant, et la correction doit être pour $10^h 18'$, comme si la *Conn. des Tems* eût été composée pour Brest, mais en partant de $11^h 32' 44''$ au lieu de midi.

Réduire le temps en degrés, et réciproquement? Cette réduction se fait à raison de 15 degrés par heure; on divise donc les degrés par 15, pour les réduire en heures, on multiplie les heures par 15 pour les changer en degrés. Or, ce rapport 15° à 1^h revient à 60 : 4; donc *on multipliera les degrés par 4, et l'on changera les degrés en minutes, les minutes en secondes, les secondes en tierces, et le tout sera réduit en temps.* Par exemple, pour $123^\circ 43' 27'',7$, je quadruple et j'ai, après le changement indiqué, $494' 53'' 50''',8$; puis divisant 49 par 6 pour extraire les degrés contenus dans $494'$, j'ai $8^h 14' 53'',85$.

Réciproquement, si l'on veut convertir une durée en degrés, *on divisera par 4, et l'on changera les minutes en degrés, les secondes en minutes, etc.* Le quart de $8^h 14' 53'',85$ est $2^h 3' 43'',46$, ou $123' 43'' 27''',7$, en réduisant les heures en minutes, ou enfin $123^\circ 43' 27'',7$.

322. Les résultats observés exigent des corrections.

1°. La *réfraction* élève les astres, en apparence, d'une petite quantité qu'on calcule par les Tables de la *Conn. des Tems*, et qu'on retranche de la hauteur observée (n° **125**). Voici un exemple où les hauteurs d'Arcturus ont été prises avec un cercle répétiteur, le 11 août 1836.

A	$8^h 42' 52'' 3$	somme de 4 dist. zénith.....	$219^\circ 24' 10''$
	45.35,2	quart......	54.51. 2,5
	47.24,0	réfr......... +	1.19,6
	49.42,5		
Somme..	25.34,0		
Quart...	8.46.23,5.	Dist. zénith. vraie.	$54^\circ 52' 22'',1$

2°. Les tables astronomiques devant servir pour tous les lieux du globe, on y suppose l'observateur placé au centre, avec un méridien et un horizon fixes, tels que ceux de Paris pour la *Conn. des Tems*. La hauteur mesurée en un point de la surface de la Terre doit être *augmentée de la parallaxe de hauteur,* pour devenir celle que verrait l'observateur s'il était en effet placé au centre (n° 125). Les astronomes ont des formules propres à donner cette petite correction, qui est d'ailleurs nulle pour les étoiles.

3°. Quand on prend plusieurs hauteurs successives du Soleil, on a soin d'observer tour à tour le bord supérieur et l'inférieur; on note l'heure de chaque observation, puis on prend les moyennes entre les hauteurs et les temps. On admet que la moyenne des heures répond à celle des hauteurs, c'est-à-dire que la marche est uniforme, hypothèse vraie sensiblement quand l'astre est loin du méridien, et que les observations ne durent pas plus de 8 à 10 minutes. La moyenne des hauteurs en nombre pair, est la hauteur du centre du ⊙.

4°. Lorsqu'on n'a observé que la hauteur de l'un des bords de l'astre, pour avoir celle du centre, il faut ajouter ou retrancher son demi-diamètre. Ainsi on a en général cette formule :

haut. vraie = *haut. observ.* — (*réfr.* — *paral.*) ± *demi-diam.*

5°. Lorsqu'on est en mer, comme on mesure la distance des astres à la limite où le ciel est coupé par le bord apparent de la mer (l'horizon sensible), on doit retrancher de cette distance la *dépression,* dont les marins ont des tables, pour avoir ce que nous appelons ici *hauteur observée;* et si le sextant a besoin d'une *rectification,* il faut l'ajouter ou la retrancher, selon le cas, attendu que c'est une erreur constante de l'instrument, qui vient de la position du zéro de la graduation. Voici un exemple où ces diverses corrections sont employées.

Le 16 mai 1837, à $7^h 8' 42''$ du matin, étant en mer à $18° 54'$ de longitude ouest de Paris ($+ 1^h 15' 36''$), on a trouvé $17° 14' 32''$ pour la hauteur du bord inférieur du Soleil au-dessus de l'horizon de la mer; on était élevé de 26 pieds au-

dessus de l'eau ; l'instrument avait — 1′ d'erreur de *collimation*, c'est-à-dire, donnait 1′ de moins aux angles observés ; en sorte que la hauteur mesurée était de 17° 15′ 32″. On demande la hauteur vraie du centre, et la déclin. pour l'instant désigné.

Heure du lieu......	7^h 8′ 42″,	haut. obser.	17° 15′ 32″
Différ. en longit....	1 15.36,	dépression.	— 5. 9
Heure de Paris.....	8.24.18,	réfr. paral..	— 2.55,1
Dist. à midi vrai....	3.35.42,	demi-diam...	+ 16.12,5

Hauteur vraie du ☉.................. 17.23.40,4

Déclin. à midi .... 19.5.29, mouv. en 24^h — 13′48″.
Mouv. en 3^h35′,7.. — 2. 3

19.3.26 = déclin. ☉.

La réfraction a été calculée sur la hauteur corrigée de la dépression ou sur 17°10′23″.

Sur le mouvement du Soleil moyen.

323. Nous avons reconnu (p. 74 et 195) que l'année (*)

tropique = $465^j 5^h 48′ 47″ 65$ = 365^j 2422 181,
sidérale = 365.6. 9.10,75 = 365,2563 744,
anomal. (*) = 365.6.13.53,5 = 365,2596 470,
mouv. de précession { *par jour* = 0″,137169 = 0°,00003 81025,
{ *par an* = 50″,1 = 0°,01391 66667,
mouv. ann. périhélie = 11″,66, *variat. périh. en long.* = 61″,76.

(*) Le mot *anomalie* a cessé de signifier *irrégularité*, et désigne la distance angulaire d'une planète à son périhélie, vue du Soleil. La planète se mouvant uniformément, on lui suppose d'abord une vitesse constante, dont les effets sont faciles à calculer; et concevant un astre fictif qui décrirait uniformément un cercle autour du Soleil situé au centre, se retrouvant d'ailleurs sans cesse avec la planète lorsqu'elle est dans la ligne des apsides, on en déduit la distance au périhélie, qu'on nomme *anomalie moyenne*. On corrige ensuite cet arc des petites erreurs causées par l'hypothèse du mouvement circulaire uniforme. *L'anomalie excentrique*, est la distance périhélie d'un astre qui décrirait un cercle circonscrit à l'orbe elliptique, ayant d'ailleurs sans cesse la même abscisse que la planète.

Le *jour moyen* est le temps écoulé entre deux passages successifs au méridien d'un Soleil fictif qui, se dirigeant vers l'est, décrirait uniformément les 360° de l'équateur céleste dans l'année tropique. Cet astre hypothétique décrit par jour moyen un arc donné par cette proportion :

si en 365*j*,2422181, 360° sont décrits, combien 1*j* ?
cet arc = 0°,98564$\frac{1}{2}$728 = 59′,8″,33022 = 1° = 51″,67.

C'est la quantité dont l'asc. dr. du Soleil moyen s'accroît chaque jour moyen : un arc d'équateur de 360° 59′ 8″,33 traverse le méridien dans cette durée, ce qui fait

en 1^h moyenne.......	15° 2′ 27″,847,
en 1 minute..........	15. 2,464,
en 1 seconde.........	15,041,

l'arc d'équateur qui traverse le méridien dans un temps moyen donné est = 15,041069 multiplié par le temps; ce temps est exprimé en heures quand l'arc est des degrés, ou bien ce sont ensemble des minutes et des secondes, l'un de temps, l'autre d'arc. Ainsi, chaque étoile décrit par heure moyenne un arc de 15°,041069, et par heure sidérale, seulement 15°.

324. On en conclut qu'il faut 3′ 56″,55535 de *temps sidéral* au ⊙ moy. pour décrire l'arc de 0°,985647... ou bien le *temps moyen* 3′ 55″,90945 : *c'est l'excès du jour moyen sur le jour sidéral, ou l'accélération des fixes*, c.-à-d. le temps moyen qu'une étoile emploie, chaque jour, de moins que le Soleil moyen pour revenir au méridien. Donc

$$24 \text{ h. moy.} = 24^h\, 3'\, 56'',555348 \text{ t. sid.},$$
$$24 \text{ h. sid.} = 24^h - 3'\, 55'',90945 \text{ t. moy.}$$

C'est sur cette théorie que sont fondées les tables I et II, où l'on voit que, 1°. *pour exprimer une durée moyenne écoulée* M *en temps sidéral, il faut ajouter au nombre* M, 9″,856473 par heure, 0″,16427 par minute, etc.; 2°. *pour convertir une durée sidérale écoulée* S *en temps moyen, il faut retrancher du*

nombre S, 9",82956 par heure, 0",16383 par minute. (*V.* les tables I et II et leur usage.)

325. En multipliant l'arc 0°,9856... marche diurne du Soleil moyen sur l'équateur, par 365^j, ou 366^j, ou 1461^j, durée de l'année civile, ou de 4 ans dont un bissextile, puis supprimant toutes les circonféreuces, on trouve que *le mouvement en longitude* est en

1 an de 365^j..........	11^{s}29°45′40″,447566	= — 14′19″,552434
1 an de 366^j..........	0. 0.44.48,777560.	
4 ans dont 1 bissext. .	0. 0. 1.50,120258	
100 ans dont 24 bissext. .	11.29.46.44,676458	= — 13.15,323542.

Faisant les mêmes calculs pour l'année anomalistique, on trouve que *le mouvement moyen du Soleil en anomalie* pendant 24^h moy. est 0°,98560 025165, et qu'il est

en une année de 365^j..........	11^{s}29°44′38″,73068	= — 15′21″,26932,
en une année de 366^j..........	0. 0.43.46,89157	
en 4 ans dont 1 bissext ...	11.29.57.43,08358	= — 2.16,91642,
en 100 ans dont 24 bissext...	11.28. 3.48,92854	= — 1°51.11,07146.

Lorsqu'on réduit ces résultats en temps (n° 46), à raison de 1 heure pour 15 degrés, on trouve que le mouvement est

	En longitude.	En anomalie.
pour 1 an de 365^j	— 57″,3034956	— 1′ 1″,4179547
pour 1 an de 366^j......	+ 2′.59 ,2518340	+ 2.55 ,1261047
pour 4 ans, ou 1461^j....	+ 7 ,3413505	+ 9 ,1277613.

D'après ces principes, on comprendra la composition de la table III.

326. Le fréquent usage qu'on fait de la théorie précédente, a déterminé à disposer les mouvements du Soleil moyen en table, d'où l'on tire à vue les nombres qui conviennent à chaque durée. C'est ainsi qu'on a formé la table II. Ainsi, par exemple, pour réduire en temps moyen,

la durée sidérale..............	$14^h 17' 50'',32$	t. sid.
retranchez pour 14^h..........	— 2.17 ,61	
pour $17'$..........	— 2 ,79	
pour $50'$..........	— 0 ,14	
durée moyenne correspondante	14.15.29,78	t. moy.

La table I fait connaître l'ascension droite du Soleil moyen à tout instant donné. Quel est cet arc, par exemple, le 13 août 1837, à $8^h 40' 6''$ du soir?

Table I, dernière colonne, pour 1837.....	$1'.45'',06$	N = 895
10 août.......................	$9^h 13.15$,37	33
3 jours (bas de la dern. col.)..	11.49 ,67	.
	9.26.50 ,10	928
Table V. Nutation pour N = 928.......	— 0 ,45	
Asc. dr. moy. à midi, le 13..............	9.26.49 ,65	
Mouv. pour $8^h 40' 6''$, T. II, t. sid........	1.25 ,44	
Asc. dr. moy. demandée..................	9.28.15 ,09	

Tables du Soleil.

327. Pour trouver *le lieu apparent du Soleil* à un instant donné, il faut,

1°. Chercher *le lieu du Soleil moyen*, astre fictif dont le mouvement est circulaire et uniforme;

2°. Calculer l'*équation du centre*, ou l'effet de l'ellipticité de l'orbe;

3°. Corriger des *perturbations planétaires, de la nutation et de l'aberration.*

Long. vr. ☉ = *long. moy.* + *équ. centre* + *perturb.* + *nut. en long.*

I. *Trouver le lieu moyen du Soleil?* La 1re ligne du tableau III donne ce lieu à minuit, t. moy. de Paris, qui commence le 1er janv. 1801 : la 2e ligne, la marche uniforme de ce Soleil en un an de 365 jours, dont on a ôté 360°; la 3e ligne, la

marche en un an de 366 jours; la 4e, le mouvement pour 1461 jours, ou 4 années civiles, dont une bissextile, diminué de 4 circonf. Tous les nombres de ce tableau sont donnés par les principes du n° 323.

Ainsi, pour une année proposée, prenez l'excès de son millésime sur 1801, et décomposez cet excès en le divisant par 4, vous aurez un *quotient* et un *reste;* puis ajoutez les résultats suivants, *en ayant égard aux signes.*

1°. Les nombres de la 1re ligne (1801);

2°. Ceux de la 2e ligne si le reste = 1, le double s'il est = 2, le triple s'il est = 3;

3°. Le produit du quotient par les nombres de la 4e ligne.

La somme est ce qu'on nomme l'*époque*, ou le lieu du Soleil moyen à minuit t. moy. de Paris, qui commence l'an proposé; résultat qui sert pour l'année entière, en y ajoutant les mouvements de l'astre pour les jours, heures... écoulés depuis l'époque (*).

4°. On traduit les heures, minutes... en fractions décimales du jour, et l'on a le temps écoulé depuis l'époque en jours et fractions; on multiplie cette quantité par les nombres de la 6e ligne (1 jour).

Les nombres de cette table III résultent de la théorie exposée n° 323 en ce qui concerne la long. et l'anomalie. Celle-ci est comptée du périhélie.

Quant à la dernière colonne, elle donne *l'asc. dr. du ☉ moy., qui est égale à la long. moy., convertie en temps,* à raison de

(*) On obtient la *date annuelle*, ou comptée du 1er janv., en prenant 90^j pour le 1er trimestre (janv., févr., mars), 91 pour le 2e (avril, mai, juin), 92 pour le 3e...... seulement quand l'année est bissextile, il faut prendre 91 jours pour le 1er trimestre. Ainsi le 4 mai est le 124e jour de l'année commune, parce que 90^j pour le 1er trimestre, 30 pour avril et 4 pour mai, ont 124 pour somme. Le 14 novembre est le 318e jour, parce qu'on a $90 + 91 + 92 + 31 + 14 = 318$. (*V.* à ce sujet la dernière colonne de la Table X.) On peut encore compter 10 mois de 30 jours (ou 300^j), puis 4^j d'excédant (à cause des mois de mai, juillet, août et octobre, qui ont 31 jours), enfin 14 pour la date; en tout, 318 jours.

15 degrés par heure (*V.* n° 40). On peut donc éviter de la calculer, puisqu'il suffit de multiplier par 4 la long. moy. (n° 321); on ne l'a mise ici que pour le cas où l'on demande l'asc. dr. moy. seule, sans la long., comme on le dira, n° 328. *V.* la table I et le n° 328.

On a d'ailleurs

longit. périhélie = longit. moy. — anomalie moy.

D'après cela, prenons pour exemple l'*époque* en 1838, c'est-à-dire le lieu moyen du Soleil au minuit qui commence cette année à Paris. De 1801 à 1838, il y a 37 ans; et divisant 37 par 4, on a le quotient 9 et le reste 1; 37 = 4 × 9 + 1. La table III donne

	Long. moy.	Anom. moy.	Asc. dr. moy.	N.
1801.............	$9^s10^\circ\,9'19'',35$	$0^s0^\circ38'.17''$	$18^h40'37'',29$	961
9 fois 4 ans.....	16.31,08	—20.32	1. 6,06	934
1 an.............	—14.19, 5	— 15.21	— 57,30	54
Époque 1838.....	9.10.11.30,58	0.0. 2.24	18.40.46,05	949

Ces nombres servent pour toute l'année 1838, en leur ajoutant le mouvement pour les jours écoulés jusqu'à la date proposée. Notre table III contient quelques époques toutes calculées. L'ascension droite est le même arc que la longitude réduite en temps. N est l'argument qui donne la *nutation lunaire* à l'aide de la table V : la nutation solaire est comprise dans les nombres de la table I, qui donne également l'ascension droite moyenne, et par suite la longitude moyenne.

Prenons pour exemple le 14 novembre à $3^h51'49'',8$ du soir, c'est-à-dire $15^h51'49'',8$, ou $15^h,864$, à compter de minuit : depuis le 1er janvier, on a $317^j,661$: multipliant ce nombre par les mouvements en 1 jour (6e ligne, table III), on a

	Long. moy.	Anom. moy.	Asc. dr. moy.	N.
Epoque 1838.......	$9^s10^\circ11'.30''88$	$0^s\,0^\circ2'24''$	$15^h40'46'',05$	949
Mouvement.........	10.13. 6. 6,06	10.13.5.13	20.52 24, 40	47
Nutation..........	— 0,51		— 0,03	
	7.23.17.36,43	10.13.7.37	15.33.10,42	996

Dans les sommes, on doit supprimer les circonférences entières qui s'y trouvent comprises, c'est-à-dire 12 signes, 24 heures, ou 1000 au nombre N, attendu que pour cet argument, la circonférence a été divisée en 1000 parties égales. De même, on peut être conduit à ajouter une circonférence, lorsqu'on veut rendre une soustraction possible.

On obtient donc par ce calcul le lieu du Soleil moyen en longitude et en ascension droite, ainsi que son anomalie moyenne.

La 5ᵉ ligne de la table III sert à l'étendre au siècle prochain; il faut ajouter ces nombres aux résultats calculés pour l'an du siècle présent, dont le millésime est terminé par les deux mêmes chiffres à droite (1831 au lieu de 1931). Pour deux siècles, on ajouterait le double de ces nombres, etc.; et s'il s'agit des siècles antérieurs, on retranchera, toujours en ayant égard aux signes.

328. II. *Trouver l'équation du centre.* Les calculs précédents supposent au Soleil une marche circulaire et uniforme; pour avoir égard aux changements de vitesse et de distance produits par l'ellipticité de l'orbe, il faut ajouter à la long. moy. ci-dessus, ce qu'on nomme l'*équation du centre.* Cet arc est donné table VII, en se servant de l'anomalie moyenne, qui en est l'*argument;* car on appelle *argument* d'une table, le nombre connu qui sert à tirer de la table celui qu'elle est destinée à faire connaître : c'est ainsi que le nombre N est l'argument de la nutation que donne la table V.

La table VII donne pour l'équation du centre la somme des deux nombres qu'on lit dans les colonnes M et N, sur la même ligne que l'anomalie moyenne. Pour les arcs qui contiennent des minutes et secondes, il faut interpoler à la manière de ce qu'on fait dans les tables de logarithmes et de sinus.

Mais il faut observer que quand l'anomalie moyenne passe 180° ou 6ˢ, il faut en retrancher ces 180°, et entrer dans la table avec le reste : on prend alors le nombre M avec le signe —. Quant au nombre N, il est positif quand l'anomalie est $<90°$, et négatif depuis 90° jusqu'à 180°, même après qu'on a retranché 6ˢ, comme on vient de le dire.

Dans l'exemple ci-dessus, l'anomalie est 10ˢ 13° 7′ 37″, qui, en ôtant 6ˢ, devient 133°,127; la table donne donc....... M = — 1°24′ 15″,0, N = — 1′ 25″,5, et l'équation du centre est — 1° 25′ 27″,5. En retranchant de la longitude moyenne, il vient pour la longitude dans l'ellipse, 7ˢ 21° 52′ 8″,9.

Il resterait, pour avoir la longitude vraie du Soleil, à tenir compte des *perturbations planétaires ;* mais ce calcul exigerait des considérations trop minutieuses pour trouver place ici ; d'ailleurs cette correction est de très peu d'importance.

529. *Trouver l'obliquité de l'écliptique ?* Cet arc diminue de 0″,4755 par an (n° 110); il est au 1ᵉʳ janvier 1830

Obliquité moyenne le 1ᵉʳ janvier 1830	=	23°27′ 42″,61
Ainsi pour le 14 novembre 1838, 8 ans......		— 3,80
Nutation lunaire pour N = 996, T. V.....		+ 9,15
Nutation solaire Table VI................		— 0,19
Obliquité vraie..................		23.27.47,77

530. *Trouver l'ascension droite du Soleil moyen ?* Cette quantité a été trouvée p. 456, ou mieux encore p. 454, à l'aide de la table I. La *Conn. des Tems* en donne la valeur pour le midi moyen de chaque jour de l'année ; c'est le *temps sidéral du passage du Soleil moyen au méridien*, ou le *temps sidéral au midi moyen de Paris.* On l'obtient ensuite pour une autre heure, en ajoutant la marche du Soleil moyen dans cette durée, table II, colonne intitulée *temps sidéral.*

531. *Trouver l'équation du temps ?* La *Conn. des Tems* donne pour chaque midi vrai, l'heure que doit marquer la pendule de temps moyen, à l'instant où le centre du Soleil vrai traverse le méridien. Cette quantité est l'équation du temps, quand cette pendule avance sur le Soleil vrai ; mais lorsqu'elle retarde, l'équation du temps est négative, et *le temps moyen à midi vrai* en est le supplément à 12 heures. *On peut donc toujours remplacer dans les calculs l'équation du temps par le temps moyen à midi vrai*, pourvu qu'on ôte 12^h du résultat, lorsque ce temps est entre 11^h et midi, c'est-à-dire quand la pendule moyenne retarde sur le Soleil vrai.

Nous avons donné, table VIII, l'équation du temps pour tous les midis de l'an 1838; à défaut de la *Conn. des Tems*, ces nombres peuvent servir pendant plusieurs années, parce qu'ils varient peu.

Comme on distingue trois espèces de temps, le vrai, le moyen et le sidéral, voyons à traduire l'un de ces temps en les deux autres.

332. Trouver le temps moyen, connaissant le temps vrai, et réciproquement? Il suit de qu'on a vu n° **46** que

heure moyenne = *heure vraie* + *équation du temps* (1).

Si le Soleil avance sur le temps moyen, et qu'on substitue à l'équation du temps le temps moyen à midi vrai, on doit retrancher 12^h du second membre de cette équation, ainsi qu'on le voit dans l'exemple suivant. Du reste, l'équation du temps doit être évaluée pour l'heure proposée, ainsi qu'on l'a expliqué n° **321**.

Un phénomène a été vu le 29 novembre 1838 à. ..	$13^h 23' 16'',6$ t. vr.
T. moy. à midi de Paris ce même jour.	12.48.28,9
21'',47 de variation diurne donnent pour $13^h 23'$.	+ 12,0
Somme — 12^h, heure moy. de l'observation.	14.11.57,5

Cette équation (1) donne aussi *l'heure vraie connaissant l'heure moyenne*, en retranchant l'équation du temps.

333. *Trouver l'heure sidérale connaissant l'heure solaire?* CA (fig. 50) est le méridien, EE' l'équateur, ♈ l'équinoxe qui marche vers l'ouest et est l'origine de toutes les ascensions droites. ♈A est l'asc. dr. actuelle du méridien, ou l'heure sidérale, temps écoulé depuis que le point ♈ a traversé le méridien en A, et que le jour sidéral a commencé. ♈E ou ♈E' est l'ascension droite d'un astre E ou E' que le mouvement diurne transporte vers l'ouest. Supposons que le Soleil vrai ou moyen soit en E; ♈E est son asc. dr. actuelle, et l'arc AE est le temps écoulé depuis son passage en A au méridien CA, c'est-à-dire l'heure solaire actuelle. Comme ♈A = AE + E♈,

on a

$$\text{heure sidérale} = \text{heure solaire} + \text{asc. dr. } \odot \quad (2).$$

Quand cette somme passe 24^h, on retranche 24. Nous avons supposé le Soleil vers l'ouest ; s'il était vers l'est en E', on aurait eu $\Upsilon A = \Upsilon E' - AE'$; or l'heure n'est plus AE', mais $24 - AE'$; en sorte que notre équation (2) subsiste encore.

Par *heure solaire*, il faut entendre ici l'heure vraie ou moyenne, suivant que l'on prend l'asc. dr. du Soleil vrai ou moyen. Cet arc, exprimé en temps, doit être évalué pour l'heure solaire proposée; et comme il n'est donné dans la *Conn. des Tems* que pour midi vrai ou moyen, il faut en corriger la valeur en ayant égard à son accroissement pendant le temps écoulé depuis midi. Les exemples suivants montrent la marche de l'opération.

Le 11 juin 1838, l'heure moy. était	$7^h\ 2'\ 2'',12$ t. m.
Asc. dr. ⊙ moy. à midi, Table I.	5.17.29,52
Marche en asc. dr. en $7^h2'2''$ T. II t. sid.	1. 9,34
Heure sidérale correspondante..	12.20.40,98.

Si l'heure donnée eût été en temps vrai, on l'aurait d'abord traduite en temps moyen (n° 331), puis celle-ci en temps sidéral.

334. *Trouver l'heure moyenne ou vraie connaissant l'heure sidérale?* L'équation (2) donne

$$\text{heure solaire} = \text{heure sidérale} - \text{asc. dr. } \odot \quad (3).$$

L'as. dr. ⊙ doit être prise pour l'heure solaire dont il s'agit, qui est inconnue; mais on retranche cette asc. dr. pour midi, ce qui donne l'heure solaire approchée, qu'on corrige ensuite de la marche du Soleil, pour le temps écoulé depuis midi.

Lorsqu'on veut trouver l'heure de temps moyen, le calcul revient à retrancher la marche du Soleil moyen en asc. dr. (table II, colonne 2, t. moy.), comme s'il fallait exprimer une durée sidérale en temps moyen.

Le 20 juillet 1827, une montre indiquait $8^h\ 24'$, quand une pendule réglée sur le t. sid., et corrigée de son avance, marquait

		$16^h 16' 0'' 52$	t. sid.
Asc. dr. ⊙ moyen à midi..........	—	7.49.56,12	
Heure approchée.................		8.26. 4,40	
Correction T. II, t. moy. pour 8^h..	—	1.18,64	
pour 26′4″	—	4,28	
Heure moyenne correspondante.....		8.24.41,48	t. m.
Et si l'on veut avoir l'heure vraie;			
équ.du temps...............		— 5.56,00	
Heure vraie correspondante.......		8.18.45,48.	

Ainsi la montre retardait de 41″,48 sur le temps moyen, et avançait de 5′14″,52 sur le Soleil vrai.

335. *Trouver l'heure solaire du passage d'une étoile au méridien ?*

Ce problème est le même que le précédent, puisque l'asc. dr. de l'étoile est l'heure sidérale de son passage ; ainsi cette heure est donnée.

heure solaire passage ✱ = *asc. dr.* ✱ — *asc. dr.* ⊙ (4) ;

bien entendu que l'asc. dr. de l'étoile doit être corrigée de la précession, de la nutation et de l'aberration, calcul qu'on trouve tout fait pour les principales étoiles, dans la *Conn. des Tems.*

Quant à l'asc. dr. ⊙, on l'emploie pour midi, sauf à corriger le résultat de la marche pour le temps écoulé depuis cet instant, ainsi qu'on l'a déjà dit.

L'opération prise pour exemple ci-devant donne l'heure du passage d'Antarès, parce que l'heure sidérale $16^h 16' 0'',52$ était l'asc. dr. de cette étoile le 20 juillet 1827.

En observant l'heure du passage d'une étoile au méridien, on peut donc savoir de combien elle avance sur le temps vrai ou moyen.

336. Nous avons supposé jusqu'ici que les éphémérides d'où l'on tire l'asc. dr. du Soleil, sont composées pour le lieu d'observation; quand il en est autrement, voici comment on doit opérer.

1°. Si l'on veut déterminer l'heure sidérale actuelle, ou, ce qui équivaut, l'heure du passage d'une étoile au méridien, il faut observer que toute la terre compte la même heure sidérale, égale à l'asc. dr. apparente de l'étoile, à l'instant de son passage, quoique l'instant physique du passage soit très différent. C'est ainsi que le 20 juillet 1827, tous les peuples comptent $16^h\,16'\,0'',52$, lorsque chacun voit passer Antarès à son méridien.

2°. Si l'on veut avoir l'heure solaire, comme les données sont calculées pour midi sous un autre méridien, instant qui répond à une autre heure vraie ou moyenne dans le lieu d'observation, il faudra supposer que les données sont calculées pour cette heure, et non pas pour midi, en ayant ainsi égard à la différence des longitudes.

Si, par exemple, on demande l'heure moyenne du passage d'Antarès au méridien de Berlin, qui est à $44'\,8''$ de temps à l'est de Paris, l'asc. dr. ⊙ moyen, qu'on a employée ci-devant, sera celle qui convient à $0^h\,44'\,8''$ de Berlin. La correction de la marche du Soleil ne partira que de cet instant et non pas de midi; elle ne sera donc plus pour $8^h 26'\,4''$, mais pour $7^h 41' 56''$.

337. *Méthode des hauteurs correspondantes.* Cette méthode est le moyen le plus facile et le plus exact de trouver l'heure, parce qu'il n'exige pas la connaissance de la latitude du lieu, de la hauteur de l'astre, de la réfraction, etc. Une étoile n'est à la même élévation vers l'est et vers l'ouest, que quand ses distances au méridien, de part et d'autre, sont égales. Ainsi l'heure du passage par ce plan est le milieu entre les heures où l'astre a été observé à une même hauteur, tant d'un côté que de l'autre. L'instant du passage de l'étoile au méridien étant ainsi connu en temps de la montre, comme il l'est d'ailleurs en temps moyen (n° 335), on en conclut l'avance de la montre.

Il convient de répéter plusieurs fois successives l'opération le même jour, pour en déduire diverses valeurs très peu différentes de l'heure du passage; la moyenne de ces valeurs donne avec plus de précision l'avance de la montre, parce que

cette moyenne doit être regardée comme exempte des erreurs d'observation. On se sert d'une lunette mobile sur un cercle gradué, et qui porte à son foyer un fil horizontal, et l'on note les heures où l'étoile coïncide avec ce fil, ainsi que les degrés auxquels l'alidade répoud, afin de les reproduire de l'autre côté du méridien. Le calcul prend la forme suivante :

Hauteurs.	Est.	Ouest.	Sommes.	Moitiés.
19°50′...	$7^h 11' 26'',4$...	$14^h 25' 7'',8$...	$21^h 36' 34'',2$.	$10^h 48' 17'',1$
20. 0....	12.37,6...	nuages		
10....	13.49,0...	22.45,4...	34.4...	17,2
20....	14.59,8...	21.34,8...	34,6...	17,3
30....	16.11,2...	20.24,0...	35,2...	17,6
			Somme....	1,2

Le quart de cette somme est $10^h 48' 17'',3$; c'est l'heure du passage de l'étoile au méridien. Si le calcul a donné $10^h 47' 7'',3$ pour l'heure moyenne de ce passage, on en conclut que la montre avance de $1' 10''$ sur le temps moyen.

Observez que les secondes observations sont notées à 14^h au lieu de 2^h ; il faut ajouter 12^h pour que la hauteur correspondaute soit marquée à une heure plus grande que la première.

Comme la déclinaison du Soleil change du matin au soir, on ne peut appliquer cette méthode aux observations solaires que près des solstices, à moins qu'on ne fasse éprouver une correction au résultat. Cette théorie ne peut trouver place ici ; on la trouvera développée dans notre *Astronomie pratique*, n° 139. On fait surtout usage de cette méthode en mer, et l'on a des tables toutes calculées, pour chaque latitude, qui donnent la correction dont on a besoin.

La méthode des hauteurs correspondantes n'a d'autre inconvénient que de laisser toujours dans l'incertitude de savoir si les nuages ne viendront pas couvrir le ciel, et empêcher de terminer les observations qu'on doit faire plus tard du côté de l'ouest. Les hauteurs ne sont pas exactes, et ne servent que de repaires pour conjuguer les secondes observations.

Sur les tables de la Lune.

338. Réunissons ici les nombres relatifs aux mouvements moyens de la Lune; plusieurs de ces quantités sont des résultats d'observations, les autres se tirent des premières. (*V.* ce qu'on a dit p. 454 pour le Soleil.) Voici d'abord les durées des *révolutions* (*) en jours moyens

synodique......	$= 29^j 53058\ 857215$	$= 29^j 12^h 44'\ 2'',87$
sidérale........	$= 27.32166\ 1423$	$= 27.\ 7,43.11,5$
trop. ou périod.	$= 27,32158\ 2418$	$= 27.\ 7.43.\ 4,7$
anomalistique...	$= 27,55459\ 950$	$= 27.13.18.37,4$
draconitique...	$= 27,21222\ 22$	$= 27.\ 5.\ 5.36,0$

du périgée, sid. $= 3232^j 575343$, trop. $= 3231,4751$
du ☊, sidér.... $= 6798,279$, trop. $= 6788,50982$, syn. $\doteq 346,619851$.

La Lune décrit par son mouvement propre vers l'est

en long. pour 24 h. moy.	$= 13^\circ 1763639$	$= 13^\circ 10' 35'' 027$
pour 1 h. moy.	$= 0,5490165 16$	$= 0.32.56,45946$
en anom. pour 24 h. moy.	$= 13,0649917$	$= 13.\ 3.52,97012$
pour 1 h. moy.	$= 0,3437465$	$= 0.32.39,74876$

En cent années juliennes, mouvement moyen de la Lune

en longit.........	$= 307^\circ 878222$.......	$= 10^s\ 7^\circ 52' 41'',6$	$+$ 1336 circ.
en anom. moy.....	$= 198,8181$.........	$= 6.18.49.\ 5,3$	$+$ 1325
du ☊...........	$= 134,1659722$......	$= 4.14\ \ 9.57,5$	$+$ 5
du Périgée.......	$= 109,046278$.......	$= 3.19.\ 2.46,6$	$+$ 11.

Le ☊ rétrograde sur l'écliptique de $3' 10'',64$ par jour moyen.

$1^\circ 56603 = 1^\circ 33' 57'' 6$ par révol. synod.
$20,35840 = 20.21.30,2$ pour 13 rév. syn.

Le mouvement relatif de la Lune au Soleil est

pour 1 j. moy. $= 12^\circ,19075 = 12^\circ 11' 26'',70$.

(*) La révolution *synodique* de la Lune ramène cet astre en conjonction ou en opposition avec le Soleil, et donne les néoménies et les pleines Lunes; la révolution *sidérale* ramène la Lune à la même étoile; la *tropique* ou *périodique* reproduit la même longitude; elle est égale à la sidérale, plus la précession; l'*anomalie* détermine les retours au périgée, qui se meut selon les signes de $30^\circ,04269$ pendant un mois tropique; enfin la révolution *draconitique* ramène la Lune à son nœud ☊, qui rétrograde de $1^\circ,4478$ chaque mois tropique.

La Lune revient au méridien, en termes moyens, après $24^h 50' 28'',3287$ t. m.; il y a environ 57 retours en 59 jours; elle passe par ce plan 252296 fois en 261139 jours, produisant 8843 néoménies dans cette durée.

Le moyen mouvement de la Lune s'accélère, et dans chaque siècle elle parcourt $9''$ de plus que dans le siècle précédent; il en résulte que chaque mois synodique diminue de $0'',0000212766$. C'est à cette cause qu'est due l'*équation ou inégalité séculaire* ci-après donnée : l'anomalie et les nœuds éprouvent aussi cet effet, savoir par siècle de $40'',7318$ pour la 1re, et de $7'',5$. .. pour les nœuds.

339. *Trouver le lieu moyen de la Lune à un instant donné?* La table IX, dont l'usage est le même que pour la table III, p. 455, fait connaître la longitude moyenne de la Lune, son anomalie moyenne et la longitude de son nœud ascendant. Ainsi, pour l'année 1839, il faut diviser 38 par 4; on a le quotient 9 et le reste 2 : on ajoute aux nombres de 1801, neuf fois ceux de 4 ans, et le double des nombres de 1 an.

	Long. moy.	Anòm. moy.	Long. ☊.
1801.........	$3^s 21^\circ 36' 42'',8$	$6^s 25^\circ 30' 14'',0$	$0^s 13^\circ 54' 54'',3$
9 fois 4 ans.....	3. 6.26.10,2	2.11.34.57,4,—	11. 6.17.57,0
2 ans.	8.18.46. 9,8	5.27.26.39,0,—	1. 8.39 26,8
Époque 1839..	3.16.49. 2,8	3. 4.31.50,4	11.28.57.30,5

On doit ajouter ou retrancher une circonférence, ou 12^s, lorsque cela est nécessaire. Maintenant, si l'on veut le lieu moyen de la Lune le 20 février 1839, à $7^h 36' 48''$ du matin, il faut ajouter à l'époque les mouvements pour $50^j,31722$.

Époque 1839.....	3.16.49.2,8	3. 4.31.50,4	11.28.57.30,5
50/,31722........	10. 3. 0.0,0	9.27.23.38,8	— 2.39.26,2
	1.19.49.2,8	1. 1.55.29,2	11.26.18. 4,3

Il resterait, pour avoir la longitude vraie de la Lune, à corriger la longitude moyenne de l'équation du centre, de l'évection, de la variation (*v.* p. 187) et des perturbations plané-

taires : il faudrait en outre calculer la latitude, la parallaxe, etc. Mais ces calculs, très longs et fort faciles par le secours des tables, sont trop composés pour trouver place ici.

La table IX donne, sans aucun calcul, les époques de 1836 à 1844.

340. *Trouver les phases lunaires?* La table X est destinée à donner les phases moyennes depuis l'an 1836 jusqu'à 1880. Mais il ne faut pas oublier que les phases véritables diffèrent, et même assez notablement (de quelques heures), des phases moyennes, parce que nous n'introduisons dans le calcul aucune des inégalités lunaires. Mais ces résultats suffisent dans beaucoup de cas, et particulièrement dans la détermination des heures de la marée.

Supposons qu'on demande les dates des phases de la Lune pour le mois de novembre de l'année 1838. On prend dans la table X, les nombres qui répondent à 1836 et à 2 ans. La dernière colonne, *dates annuelles*, indique que le 1[er] des mois de novembre et décembre est le 305[e] et le 335[e] jour de l'année (qui est bissextile) : j'ajoute donc aux nombres ci-dessus dix révolutions lunaires, pour que les jours de la somme soient entre 305 et 335. J'obtiens ainsi la néoménie moyenne qui tombe en novembre : les pleines lunes, dont l'une précède et l'autre suit cette néoménie, se trouvent en retranchant et ajoutant une demi-révolution.

1836...........	$18^j\,13^h\,41'\,1$	Néom.........	$16^j\,3^h\,22'\,8$
2 ans.	7. 6.21,2	Demi-révol...	+ 14/18. 22,0
10 révol...........	295. 7.20,5		
Novembre......—	305.	Pl. Lune moy...	1. 9. 0,8
Néom...........	16. 3.22,8		30.21.44,8

Ainsi la nouvelle Lune de nov. est le 16, et les pleines Lunes sont le 1 et le 30, à peu près aux heures indiquées ci-dessus.

341. La formation de la table X est facile à comprendre. Quand on suppose que le Soleil et la Lune sont mus uniformément sur l'équateur, leur vitesse relative est chaque jour de 12°,19075... En vertu de ces mouvements moyens, on part

de l'instant d'une conjonction moyenne, et l'on en déduit la suivante. Le 18 janvier 1836 à $13^h 41',1$ arrive la néoménie moyenne, *le jour commençant à minuit ;* si l'on ajoute successivement 1, 2, 3, ... lunaisons de $29^j 12^h 44',1$, on obtient les néoménies de février, mars, etc. Puis ajoutant ou ôtant à chaque date $14^j 18^h 21'$, ou $7^j 9^h 11'$, on obtient les pleines lunes et les quartiers de la même année.

Treize lunaisons font 366^j plus $17^h 21^h 32' 37'',024$; après 25 lunaisons il s'est écoulé 2 années, dont une bisextile, et l'excès sur 731 jours est de $7^j 6^h 21' 11'',316$. Après 38 lunaisons synodiques, il s'est écoulé 1096 jours, ou 3 ans plus $26^j 3^h 53' 48'',400$. Enfin, après 50 lunaisons, il y a eu 1461 jours écoulés, ou 4 années, plus $15^j 12^h 42' 22''632$. Ainsi en ajoutant 1, 2, 3... fois successives à ce dernier nombre à la date de la néoménie moyenne de 1836, on a les dates des néoménies de 1840, 1844, 1848, sauf à ôter, lorsque cela se peut, une lunaison de la somme.

Des Marées.

342. Souvent les navires ne peuvent entrer dans les ports, ni en sortir, qu'à la pleine mer, et il est nécessaire d'en connaître l'heure. Ce phénomène se prédit en ayant égard aux trois causes qui le produisent.

1°. *Le passage de la Lune au méridien*, d'où dépend la direction approchée de la résultante des attractions qui élèvent les eaux. Les marées retardent chaque jour de $50' \frac{1}{2}$, terme moyen. On trouve dans la *Connaissance des Tems* l'heure moyenne du passage du centre de la Lune au méridien de Paris; en multipliant par $2',1$ la différence en longitude exprimée en heures, et ajoutant le produit ou l'en retranchant, selon que le lieu est à l'est ou à l'ouest, on a l'heure du passage au méridien du port.

2°. La *correction* due aux variations des rayons vecteurs lunaires, d'où résulte un changement d'intensité d'action, selon la distance de la Lune à son périgée, et de direction de la résultante des forces attractives, ce qui influe sur l'heure du

phénomène. La *Connaissance des Tems* donne le rayon vecteur de la Lune, par sa parallaxe horizontale qui est de 61′ au périgée et de 55′ à l'apogée, ou par son demi-diamètre qui varie de 14′ à 17′. La table XII donne la correction dont il s'agit.

3°. L'*Etablissement du port* est un retard constant causé par la configuration des côtes; c'est l'heure de la pleine mer dans le port, lorsque la Lune est pleine ou nouvelle. Des tables font connaître ce retard pour chaque ville maritime importante. On en trouve une dans l'*Annuaire*.

Ainsi on a *heure de la pleine mer* =

heure du pass. à Paris ± *longit.* × 2′,1 + *corr.* + *établissem.*

On prend le signe + quand le port est à l'ouest, et — à l'est. Les heures se comptent depuis midi, de 0 à 24; et l'on trouve la haute mer du lendemain matin ou soir, quand la somme passe 12^h ou 24^h, ce qui oblige de refaire le calcul pour la veille du jour proposé. Si l'on a la pleine mer du matin, celle du soir s'en déduit, en ajoutant la demi-différence de deux passages méridiens (environ 25′); celle du matin se tire de même de celle du soir, en soustrayant cette demi-différence. On sait d'ailleurs qu'en termes moyens, deux marées conséeutives sont distantes de $12^h25′,2$.

On demande l'heure de la pleine mer à Brest le 16 avril 1827 au matin (on verrait par le calcul qu'il faut opérer pour le 15); la paral. horiz. est 60′, le demi-diamètre de la Lune 16′23″; la long. du lieu est 27′,3 ou $0^h,45$.

Le 15, la Lune passe au méridien de Paris à............	$15^h54'$
2′1 × $0^h,45$..	1
Établissement du port de Brest........................	3.33
Correction pour $15^h55'$ et parallaxe 60′, table XII.........	— 56
Pleine mer le 16 avril, à $6^h31'$ du matin, ou le 15 à....	18.32
Différence entre deux passages au méridien............	30
Pleine mer le 16 au soir, à..............................	$7^h2'$
Basse mer à l'heure du milieu......... à midi.	47.

Pour trouver l'établissement d'un port, on y observera l'heure de la pleine mer, et l'on calculera tous les termes de l'équa-

tion qui précède, excepté le dernier qui est inconnu, et qu'on en tirera ensuite. On répète ces calculs plusieurs jours, et l'on prend la moyenne entre les résultats obtenus en diverses saisons, pour rendre l'inconnue exempte des erreurs causées par les vents, l'observation et toutes les circonstances accidentelles.

Passages de Vénus et Mercure sur le Soleil. Parallaxes.

343. Les parallaxes du Soleil et des planètes sont de si petits arcs, que le procédé que nous avons donné, p. 38, pour les obtenir, est tout-à-fait insuffisant ; ce procédé n'est réellement applicable qu'à la Lune. Comme l'argument qu'on tire des distances et des volumes de ces corps, pour prouver qu'il est presque certain que la Terre tourne autour du Soleil, est principalement établi sur leurs parallaxes, il importe de compléter cette théorie, autant du moins qu'on le peut, sans le secours des calculs algébriques, et de montrer comment on a pu déterminer ces petites parallaxes. Ce que nous allons exposer suffira pour faire concevoir le procédé mis en usage, et donner confiance aux résultats énoncés.

Supposons que TI (fig. 52) soit une portion de l'écliptique, la Terre actuellement en T, le Soleil en S, et Vénus en p sur son orbite Sp, à l'instant de sa plus grande élongation ; les directions des mouvements des deux planètes sont indiquées par des flèches. A l'instant où nous considérons ces trois corps, les rayons visuels dirigés de T à p et S forment un triangle TpS qui est rectangle en p. Or, si l'on mesure l'arc de distance de Vénus p au centre S du Soleil, ce qui n'a aucune difficulté, puisque les lieux apparents de ces corps sur la voûte céleste sont parfaitement connus, l'angle T sera donné, et l'on aura ce qu'il faut pour en conclure, par le calcul, les rapports des distances pT, pS, TS. On saura donc ainsi combien de fois pS est contenu dans pT et dans ST.

Il est vrai que les deux orbites n'étant pas circulaires, ces distances varient un peu avec les lieux p et T des deux pla-

nètes, à l'époque des élongations. Mais en répétant un grand nombre de fois ces observations et ces calculs, et prenant une moyenne entre tous les résultats, qui d'ailleurs diffèrent peu, on verra que les distances pS et pT sont à peu près comme 2 est à 5, c'est-à-dire que pT contient 2 fois et demie pS. Nous prenons ici ces nombres, quoiqu'on en ait de plus exacts, parce qu'ils sont simples et se prêtent mieux à la clarté de notre exposition. On peut de même évaluer le rapport des distances pS et TS des deux corps au Soleil.

Cela posé, que le centre de Vénus soit en p (fig. 49), la Terre en T et le Soleil en S, et que deux astronomes situés en des lieux A et B diamétralement opposés, observent Vénus p, quand cette planète est près de son nœud et qu'elle a à peu près la même longitude que le Soleil. Vénus se projettera sur le disque solaire en deux points différents a et b. Si l'on avait un moyen précis de mesurer l'arc ab qui sépare ces deux lieux apparents, comme les triangles pAB, pab sont semblables, le problème des parallaxes et des distances absolues serait résolu; car le rapport des distances pA, pa, sera égal à celui des lignes AB et ab, que nous savons être $= 2\frac{1}{2}$: ainsi l'arc AB, vu du Soleil, serait connu, puisqu'il est 2 fois et demie l'arc ab vu de la Terre, et cet arc AB est le double de la parallaxe du Soleil.

544. Mais voyons comment on peut se dispenser de mesurer l'arc ab, qui ne peut en effet être directement mesuré. Nous ferons abstraction, pour un moment, de la translation de la Terre, en la supposant fixée pendant quelques minutes, ce qui apportera fort peu d'altération au résultat cherché. Vénus décrivant l'arc mn de son orbite, nous verrons cette planète se déplacer peu à peu, et traverser le disque solaire de gauche à droite, et parcourir une ligne qu'on peut considérer comme droite, à raison de son peu de longueur. Ainsi nos deux observateurs verront cette planète décrire sur le disque solaire deux cordes parallèles pq, $p'q'$, et c'est la distance ab de ces cordes qu'il s'agit de mesurer.

Chaque observateur notera avec soin les heures où le centre de Vénus entre sur le disque du Soleil, et en sort. Les instants où les disques sont en contact, tant extérieur qu'intérieur, ont pour moyenne l'instant où le centre de Vénus se trouve exactement occuper le bord du disque solaire. Ainsi les temps de chacune des deux traversées, selon pq et selon $p'q'$, seront connus. Ces durées mesurent, *sur une échelle fort agrandie*, les longueurs des cordes décrites, puisque la marche de la planète, dans ce court intervalle, est donnée par des tables construites d'après une foule d'observations antérieures. Ces cordes sont les doubles des sinus des arcs soustendus, et l'on en déduit les sinus verses, et par suite la distance ab des deux cordes.

Pour faciliter l'intelligence de cette théorie, nous avons supposé deux circonstances qui sont impossibles : 1°. la Terre n'est point immobile dans la durée du passage; 2°. les observateurs ne peuvent pas se placer aux deux extrémités d'un même diamètre terrestre, puisqu'ils doivent avoir les deux astres sur leurs horizons respectifs, et se trouver en outre en des lieux d'où cette espèce d'éclipse soit visible. Nous avons déjà avancé que des voyages étaient nécessaires pour atteindre des régions d'où l'on puisse apercevoir le passage.

Nous ne pouvons entrer ici dans les développements nécessaires pour faire comprendre comment on surmonte ces difficultés; il nous suffit d'avoir indiqué les bases de l'opération, pour en faire concevoir les résultats. On calcule d'avance, d'après les tables astronomiques, les différentes phases du phénomène, pour chaque lieu d'observation, précisément comme on le ferait pour une éclipse du Soleil par la Lune; ce calcul fait pour diverses contrées, donne les aspects propres à chacune, et l'on sait en quels lieux il faut se transporter pour en avoir le spectacle. On choisit les pays les plus distants, pour écarter le plus possible les deux cordes, et aussi pour accroître la durée des passages, et l'on combine deux à deux les résultats d'observation. De l'ensemble résulte une moyenne qui est, avec assez de précision, la parallaxe du Soleil.

Les passages de Mercure peuvent être employés à cette re-

cherche, comme ceux de Vénus. Les parallaxes de ces deux planètes sont donc bien connues. La 3e loi de Képler suffit pour obtenir les distances de toutes les planètes au Soleil, ainsi que leurs parallaxes : les temps des révolutions sont connus; il est aisé de comparer leurs carrés au cube des distances, en prenant pour unité la distance de la Terre au Soleil; et cette dernière distance est donnée par la parallaxe de cet astre.

Sur les Calendriers.

345. L'ÈRE d'un peuple est l'époque à partir de laquelle il compte les années écoulées. L'ère chrétienne proposée en 550, par Denys le Petit, est l'année supposée de la naissance de Jésus-Christ; nous disons *supposée*, parce que plusieurs chronologistes rapportent cette naissance 3 ans avant cette époque. Les années antérieures à l'ère sont distinguées par le signe —; ainsi les chronologistes comptent les ans.... —4, —3, —2, —1, 1, 2, 3.... sans admettre zéro entre —1 et 1, comme le font les géomètres.

On consultera sur le sujet que nous allons traiter, l'art. *Calendrier* de M. St.-Martin, dans l'*Encyclopédie de* M. Courtin.

346. *Calendrier égyptien et persan.* L'année de ces peuples était vague de 365 jours; elle avait douze mois de 30 jours chacun, et était terminée par 5 jours complémentaires, comme dans notre calendrier républicain : nous en avons traité p. 131. Comme le jour initial parcourait, en rétrogradant, tous les degrés du zodiaque, le retour des mêmes saisons et des mêmes travaux d'agriculture n'était pas attaché aux mêmes dates; ce qui rendait l'observation des levers d'étoile fort importante. Le lever héliaque de Sirius annonçait l'époque du débordement prochain du Nil, phénomène d'une si grande utilité pour l'Égypte, qu'il était célébré par de grandes fêtes. Le quart de jour qu'on négligeait chaque année solaire, produisait un an après 1460 ans, durée équivalente à 1461 années égyptiennes. Le lever héliaque de Sirius ne se retrouvait le premier de l'an

que tous les 1461 ans, et cette période, dite *sothiaque*, était, par son renouvellement, le sujet des fêtes nationales les plus solennelles.

Les Égyptiens connaissaient la durée exacte de l'année tropique, et si leur année civile ne comprenait que 365 jours, c'était volontairement et par des motifs particuliers qu'ils avaient adopté cette durée. On peut croire que dans des temps antérieurs, on n'avait cru l'année solaire que de 365 jours, et que cette découverte, si utile et si difficile à faire dans ces temps reculés, avait été consacrée par des rites religieux, comme tout ce qui réglait l'administration publique de ces peuples ; quand ensuite l'erreur a été reconnue, on n'a pas cru devoir changer l'usage reçu, ce qui aurait pu être nuisible au culte, qui, chez toutes les nations, résiste sans cesse au changement. On attribue la division en semaines de 7 jours aux Égyptiens, qui leur donnaient les mêmes noms que nous. (*V.* note, p. 134.)

C'est d'après ce calendrier qu'est établi l'*Almageste* de Ptolémée, ainsi que le calendrier de *Nabonassar*, dont le premier jour de la première année est tombé le 26 février de l'an — 747.

Pour trouver la date julienne du jour initial d'une année proposée de Nabonassar, multipliez-en le millésime par 365, retranchez 308, puis divisez par 1461 ; vous aurez un quotient et un reste : prenez 4 fois ce quotient et ôtez 746, vous aurez le millésime du calendrier julien qui correspond, et le reste sera la date : cependant si ce reste surpasse 365, 730 ou 1096, on devra en retrancher ce nombre, et augmenter le millésime de 1, de 2, ou de 3, selon le cas.

On demande à quelle date répond le 9 d'athyr de l'an 964 de Nabonassar : ce jour est le 69e de l'année; cherchons la date julienne du 1er de l'an. 365 fois 964 font 351860 ; j'ôte 308, et je divise par 1461 ; j'ai 240 pour quotient et 912 pour reste, dont je retranche 730, ce qui réduit ce reste à 182 ; 4 fois 240 font 960, dont j'ôte 746 et à quoi j'ajoute 2, et je vois que le jour initial demandé tombe le 182e de l'année bissextile 216 de

notre ère, c'est-à-dire le 30 juin. Le 9 d'athyr tombe 68 jours au-delà, ou le 6 septembre de l'année julienne 216.

La 1[re] période sothiaque date de l'an —2782 : elle s'est renouvelée l'an —1322, et enfin l'an 138, le 1[er] thot fut le 20 juillet, sous le consulat d'Antonin Pie et de Bruttius Præsens.

347. *Calendrier grec.* Il était *luni-solaire*, c'est-à-dire qu'il se réglait à la fois sur les révolutions de la Lune et sur celles du Soleil; voici comment on l'avait établi.

L'année commençait à la néoménie la plus voisine du 20 ou 21 juin, époque du solstice d'été; elle était composée en général de 12 mois dont chacun commençait le jour de la nouvelle lune, et qui avaient alternativement 30 et 29 jours. Cette disposition, conforme à l'année lunaire, ne donnait que 354 j. à l'année civile; et comme elle est plus courte que celle du Soleil de $10^j 21^h 0' 13''$ (*v.* p. 106), cette différence, en s'ajoutant, produisait à fort peu près 87 jours au bout de 8 ans, ou 3 mois de 29 jours. Pour amener les années lunaires à concorder avec les solaires, il fallait donc ajouter trois mois intercalaires en 8 ans.

Méthon ayant publié son cycle de 19 années solaires, durant lesquelles il s'écoule 235 lunaisons presque exactes (*v.* p. 114), on ajouta un mois de 30 jours à chacune des années

3[e], 5[e], 8[e] 11[e], 13[e], 16[e] et 19[e] de ce cycle.

Ces années de 13 mois, ou de 384 jours, étaient appelées *embolismiques;* et les 19 années civiles se trouvaient ainsi composées de 235 mois ou lunaisons, ou de 6936 jours, comme les 19 années tropiques; les révolutions continuant leur cours, on recommençait aussi un nouveau cycle de 19 ans. Ce mois ajouté était placé après le 6[e], *Possidéon*, et s'appelait un *second Possidéon.* Tous les mois étaient divisés en *décades* ou semaines de 10 jours. Le calendrier de Méthon ne fut introduit en Grèce que dans l'an —432, le 15 juillet du calendrier julien; Calippe le corrigea en —330, en retranchant le dernier jour du 4[e] cycle.

Chaque jour commençait le soir. Voici les noms des mois athéniens : *Hécatombœon, Métageïtnion, Boédromion, Pyanepsion, Mœmactérion, Possidéon, Gamélion, Anthestérion, Élaphébolion, Munychion, Thargélion, Scirophorion.*

Les Grecs faisaient usage d'une période de 4 ans qu'ils nommaient *Olympiade*, parce que la 1re de ces 4 années concourait avec la célébration des jeux olympiques. La première olympiade, ou l'ère des Grecs, eut lieu l'an —776. La 2e année de la 42e olympiade est donc la seconde après 41 révolutions de 4 ans, ou la 166e à compter de la première : ôtant donc 165 ans écoulés de 776, le reste 611 indique que l'année dont il s'agit est —611.

548. *Année romaine.* Le calendrier établi par Romulus n'est pas parfaitement connu, et les auteurs ne s'accordent pas entre eux sur ce sujet. Plus guerrier que savant, ce fondateur de Rome ne faisait l'année que de dix mois, les uns de 20 jours, les autres de 55. Ces durées inégales étaient probablement réglées par les travaux champêtres, les idées religieuses dominantes, etc. Plutarque dit que l'année de Romulus avait douze mois, que janvier et février la terminaient, et que Numa déplaça le premier de ces mois. Quoi qu'il en soit, l'année commençait à mars ; septembre était le 7e mois, octobre le 8e, etc., et ces dénominations ont subsisté après le déplacement. Le 5e et le 6e mois étaient appelés *quintilis* et *sextilis*, qu'on a depuis changés en juillet et août, en l'honneur de Jules-César et d'Auguste.

La réforme de Numa a eu pour objet de régler les mois sur le cours de la Lune, et cependant de donner $365^j\frac{1}{4}$ à l'année civile. D'abord il ne fit les douze mois de l'année que de 355^j, commençant au solstice d'hiver (*Ideler,* ère des Romains, p. 135) ; mais il ajoutait un 13e mois de 2 en 2 ans, ce qui portait l'année alternativement à 377 et 378 jours : en sorte que les années consécutives par périodes de 4, étaient composées de

355, 377, 355, et 378 jours.

La durée de 24 ans était donc de 8790 jours, ce qui supposait $366^j\frac{1}{4}$ à l'année solaire. L'ordre des mois était

Janvier	29 jours.	Sextilis	29 jours.
Mars	31	Septembre	29
Avril	29	Octobre	31
Mai	31	Novembre	29
Juin	29	Décembre	29
Quintilis	31	Février	28

Une superstition attachée aux nombres impairs, qu'on regardait comme heureux, avait porté le législateur à donner aux mois ces nombres de jours, et à l'année 355 jours, au lieu de 354 qui appartient à l'année lunaire; le mois de février avait seul un nombre pair de jours, et était consacré aux expiations et aux funérailles, comme étant un mois néfaste.

Le mois de 22 ou 23 jours qu'on ajoutait de 2 en 2 ans était appelé *mercédonien;* on l'intercalait entre le 23 et le 24 février; en sorte qu'après avoir dit 22, 23 février, on comptait 1, 2, 3... 22 *mercédonien*, puis on finissait par 24, 25...28 février. Cette supputation n'était pas la seule bizarrerie de ce calendrier.

Comme cette disposition donnait un jour de trop à l'année civile, Numa prescrivit que dans les deux dernières périodes de 4 ans du cycle de 24 ans, l'année de 377^j et celle de 378^j seraient diminuées chacune de 6 jours; elles étaient de 371 et 372 jours. Ces 24 jours, retranchés des 8790, ne donnaient plus que 8766 jours pour 24 ans, savoir, juste $365^j\frac{1}{4}$. Ainsi ce calendrier était d'accord avec la marche du Soleil et de la Lune, autant qu'on pouvait le faire avec les lumières du siècle. La distribution en était seule gênante et irrégulière. Numa chargea spécialement le grand pontife du soin d'ordonner ces intercalations. Sous les décemvirs, des motifs politiques firent déplacer le mois de février, qui passa au second rang, tel qu'il est aujourd'hui. Ce fut en —459 que ce déplacement eut lieu.

On avait l'usage de la semaine, et chaque 8ᵉ jour; appelé *nundinal,* était destiné à tenir le marché public; ce jour ne devait jamais se rencontrer avec celui des *nones* (le 5 ou le 7

du mois), qui était consacré à la mémoire du roi Servius Tullius, révéré des Romains. Le pontife devait régler le calendrier de manière à satisfaire aussi à cette obligation; cette forme eut peu de durée.

Mais les pontifes romains, choisis dans les familles patriciennes les plus élevées en dignités et en considération, mirent peu de zèle à s'acquitter des fonctions que Numa leur avait confiées; par négligence, par superstition, ou par un usage arbitraire de leur puissance, ils allongèrent ou accourcirent l'année sans aucune règle d'uniformité. Souvent même ils ne consultaient pour cela que leur commodité, ou les intérêts de leurs amis. Middleton, dans la vie de Cicéron, en cite plusieurs exemples (trad. de l'abbé Prévost, t. III, p. 243).

Le désordre que cette licence avait jeté dans le calendrier était allé si loin, que les mois avaient changé de saison, ceux de l'hiver ayant été avancés à l'automne, ceux de l'automne à l'été, etc. Les fêtes étaient célébrées dans des saisons différentes de celles pour lesquelles on les avait instituées; en sorte que celles de Cérès arrivaient au printemps, et celles de Bacchus en été. Jules-César n'y trouva point d'autre remède que de supprimer les mois intercalaires, et résolut d'établir l'année solaire, suivant la mesure qu'on donnait alors de la révolution dans le zodiaque, ou 365 jours et un quart. Il ordonna que chaque 4ᵉ année, on ferait l'intercalation d'un jour, à la place où l'on faisait arriver le mois mercédonien, c'est-à-dire entre le 23 et le 24 février. Ainsi toutes les autres années étan fixées à 365 jours et celles-ci à 366, de 4 en 4 ans, il se trouve que l'année civile eut $365^j \frac{1}{4}$.

Mais il fallait rendre aussi les fêtes publiques aux saisons qui devaient les recevoir : César fut obligé d'insérer dans l'année courante — 46 (ou 708 de Rome) deux mois intercalaires, outre le mois mercédonien, qui devait aussi y entrer. On eut donc une année de 15 mois divisés en 445 jours : c'est ce qu'on appelle l'*année de confusion*. Voici comment elle fut distribuée

Le 1er janvier 708 tomba notre	13 octobre — 47.
Janvier, 29 jours, finit le	10 novembre.
Févrïer, 23 jours, commença le	11 novembre.
Mercédonien, 23............	4 décembre.
Reste de février, 5............	27 décembre.
Mars, 31	1 janvier — 46
Avril, 29	1 février.
Mai, 31	2 mars.
Juin, 29	2 avril.
Quintilis, 31	1 mai.
Sextilis, 29	1 juin.
Septembre, 29	30 juin.
Octobre, 31	29 juillet.
Novembre, 29	29 août.
2 mois intercalaires, 67.... .	27 septembre.
Décembre 29	3 décembre.
1 Janvier, l'an de Rome 709....	1 janvier — 45.

Ce supplément de jours se trouvait nécessaire pour remplir les omissions passées, et rétablir les mois dans leurs saisons. César chargea de tous ces soins Sosigènes, célèbre astronome d'Alexandrie, qu'il avait amené à Rome dans ce dessein ; et sur les mêmes principes, Flavius eut ordre de composer un nouveau calendrier, dans lequel il fit entrer toutes les fêtes romaines, en suivant toujours l'ancienne manière de compter par les *calendes*, les *nones* et les *ides*, ainsi qu'on va l'expliquer.

L'an — 45, ou 709 de Rome, fut le premier qui commença l'*année julienne*, et qui a été jusqu'ici toujours en usage, sauf la suppression des bissextiles séculaires par le pape Grégoire XIII. Les mois romains eurent dès-lors la même durée que les nôtres, les mêmes noms et le même ordre. Les mois lunaires, mal observés depuis long-temps, furent tout-à-fait oubliés.

Les Romains ne faisaient pas usage de la semaine ; leurs mois étaient divisés d'une manière irrégulière et bizarre. Le 1er jour du mois se nommait *calendes*, d'où dérive le mot *calendrier* ; le 5e était le jour des *nones*, et le 13e celui des *ides ;* mais en mars, mai, juillet et octobre, qui ont 31 jours, les nones étaient le 7, et les ides le 15. Les noms des autres jours du mois se tiraient de leurs rangs, en rétrogradant. Ainsi on disait la

veille ou le 2e jour des calendes (*pridie calendas*), le 3e, le 4e jour des calendes d'avril, pour désigner les 31, 30 et 29 mars. Le 366e jour ajouté dans les années bissextiles était entre le 23 et le 24 février, et on le nommait un second 6e jour des calendes de mars (*bissexto calendas*), d'où vient le mot *bissextile*. Les vers suivants expriment cette distribution. (*V.* à la fin de l'ouvrage le calendrier romain) :

Prima dies mensis cujusque est dicta CALENDÆ ;
Sex majus NONAS, *october*, *Julius et mars* ;
Quatuor at reliqui : dabit IDUS *quilibet octo* ;
Indè dies reliquos omnes dic esse calandas,
Quos retrò numerans dices à mense sequente.

L'ère des Romains est l'année de la fondation de Rome, qui, selon Varo, répond au 21 avril —753. La bataille d'Actium a été livrée l'an de Rome 723; retranchez 723 de 753, et vous trouvez que cette date répond à l'an —30.

L'an —44, le 1er jour de l'an était celui d'une néoménie ; le cycle lunaire était 1. Peut-être le respect porté aux anciens usages de commencer le mois à la nouvelle lune, comme on le faisait en Grèce, a-t-il déterminé César, dans sa réforme du calendrier, à préférer commencer l'année de cette époque plutôt au jour de la néoménie qu'au solstice d'hiver (*).

Nous ne dirons rien des fêtes des Romains; ce peuple, livré aux plus grandes superstitions, restes de son ancien état de

---

(*) Suivant Boullanger (*Ant. dév.* III, p. 43), le premier jour de l'an deit aveir été placé au selstice d'hiver. Les fêtes qu'en célèbre alors, les jeûnes dont on le fait précéder, l'Avent qui l'appelle, sent autant de selennités qui annoncent le reneuvellement de l'année. L'ignorance où l'en était de la durée de 365 jours 1/4 de l'année solaire, a fait retarder le commencement de l'année civile, et lorsque ensuite on a reconnu cette erreur, et régularisé les intercalations, on n'a pas eu égard à l'institution des fêtes solstitiales, et le commencement de l'année a été fixé au jour eù nous le fêtens. Suivant le même auteur, la saint-Jean d'hiver vient de *Janus* (Joannès, Jokhanan), époque initiale du meis *Januarius*. La saint Jean d'été est une autre fête selsticiale. Le jeur de Noël est encore, chez plusieurs nations, célébré avec la plus grande pompe.

barbarie et d'ignorance, qualifiait certains jours de *néfastes*; d'autres permettaient de vider et nettoyer les écuries des vestales: il y en avait de désignés pour les assemblées publiques, pour les élections, etc. (*V.* l'*Enc. méth.*, au mot *Calendrier*.)

Le cycle solaire de 28 ans, et le cycle lunaire de 19 ans, ne reprennent les mêmes valeurs ensemble qu'au bout de 28 fois 19, ou 532 ans. Cette période de 532 ans a été appelée *dionysienne*, parce qu'elle a été remarquée par Denys le Petit, l'an 526, comme ramenant la fête de Pâques aux mêmes dates du calendrier julien. Depuis la réforme grégorienne ce cycle n'est plus d'aucun usage.

L'*indiction* est une période de 15 ans qui n'a rien d'astronomique; elle est relative à un mode de perception d'impôts sous les empereurs romains. La cour papale en a conservé l'usage, aussi bien que des dates romaines. Ce cycle était 1, et a recommencé l'an —3.

349. Le cycle solaire, le nombre d'or, et l'indiction ne se reproduisent les mêmes qu'après une révolution de 7980 ans (produit des nombres 28, 19 et 15). Cette révolution a été appelée *période julienne* par Scaliger; elle a commencé l'an —4714, lorsque les trois cycles étaient ensemble = 1. C'est en ce sens qu'il faut entendre ces propositions :

1°. La première olympiade a commencé l'an 3938 de la période julienne;

2°. La construction de Rome date de l'an 3961 de cette période;

L'ère de Nabonassar est de l'an 3965; le 1er toth a coïncidé avec le 22 février, à midi, à Alexandrie.

4°. L'hégyre répond au 15 juillet 5335 de cette même période.

350. *Calendrier grégorien.* Nous avons dit, p. 132, que le pape Grégoire XIII, voulant ramener l'équinoxe du printemps au 21 mars, comme il l'était lors du premier concile de Nicée, en 325, retrancha 10 jours de l'année 1582, et ordonna qu'à l'avenir il n'y aurait d'années bissextiles séculaires que de 4 en 4 siècles. Mais sa réforme porta aussi sur la distribution des fêtes mobiles, déterminées par la date du jour de Pâques, et par con-

séquent sur le système des *épactes*, et leur table de correspondances avec les nombres d'or. C'est ce qu'il s'agit d'expliquer.

On a vu, n° 61, que 19 années tropiques complètent à peu près 235 révolutions synodiques de la Lune; l'année julienne de $365^j\frac{1}{4}$ et la lunaison de $29^j,53059236$ (selon des valeurs reçues du temps du pape Grégoire XIII) montrent que 19 ans surpassent 235 lunaisons de $0^j,0608 = 1^h,459$. Ainsi, après 19 ans révolus, les néoménies moyennes devaient revenir aux mêmes dates, mais $1^h\frac{1}{2}$ plus tôt. Cet excès s'accumulant avec les cycles de 19 ans, on trouve qu'il y a un jour d'erreur après $312\frac{1}{2}$ ans, car $0^j,0608 : 19\text{ans} :: 1^j : 312\frac{1}{2}$.

Après $312\frac{1}{2}$ ans, les néoménies moyennes arrivent donc un jour plus tôt, et tombent la veille du jour où l'épacte civile les marque dans le calendrier perpétuel. Mais la colonne de ces épactes procédant selon l'ordre rétrograde 29, 28, 27 ..., la correction qu'exige cette avance consiste à augmenter de 1 toutes ces épactes, après $312\frac{1}{2}$ ans. Après 625 ans, on devra encore ajouter 1, etc. Enfin, après 2500 ans, on aura de la sorte dû ajouter 8 à chaque épacte; de là cette règle (*) : *ajoutez 1 à l'épacte après chaque période de 300 ans, et lorsque sept de ces*

(*) Le pape Grégoire supposait la lunaison trop longue de $0'',33$; en faisant le raisonnement ci-dessus pour la vraie valeur, qui est $29^j,5305885715$, on trouve que 19 années juliennes surpassent 235 lunaisons de $0^j,0616855$. L'erreur de 1 jour arrive après 308,014 ans, au lieu de $312\frac{1}{2}$; et puisqu'on doit augmenter de 1 l'épacte après 308 ans, si l'on fait les périodes de trois siècles, les huit ans négligés ne produiront un siècle qu'après 13 de ces périodes. La règle prescrite devrait donc être modifiée, et il faudrait continuer d'augmenter de 1 les épactes après trois siècles, durant 12 périodes successives, et ne faire la 13e qu'après 400 ans (en 5800). Au reste, la durée de la lunaison éprouve des variations séculaires qu'il faudrait faire entrer dans ces calculs. Si l'on ne destine ce genre d'opération qu'à donner la date de la fête de Pâques, il n'y a aucun inconvénient à suivre la règle grégorienne, qu'on ne doit regarder que comme une convention, fondée sur un rapport approché. Mais si l'on veut que les épactes donnent les dates des néoménies moyennes, il est visible qu'elles ne remplissent ce but qu'à peu près, même en soumettant le calcul à des corrections séculaires mieux entendues.

périodes de trois siècles seront écoulées, ne faites l'addition de la 8ᵉ unité qu'après 400 ans.

Dans le tableau suivant, cette règle est mise en pratique : partant de l'an 1800, on a placé le signe + de 3 en 3 siècles, pour indiquer qu'il faut augmenter de 1 les épactes qui ont servi dans le siècle précédent; le nombre d'or reste le même, l'épacte seule croît de 1. Arrivé à l'an 3900, on ne porte le + que 400 ans après, c'est-à-dire sur 4300; et ainsi de suite.

Ce calcul suppose qu'on suit l'année julienne; mais la grégorienne supprime trois bissextiles séculaires sur 4 : l'an 1800, par exemple, n'est plus bissextile, et les dates comparées des deux calendriers sont plus avancées d'un rang pour nous : l'épacte doit donc être diminuée de 1 dans tout le cours de ce siècle. La même chose arrivera en 1900, en 2100, ... Notre tableau porte des — à toutes les années que la réforme empêche d'être séculaires et où l'épacte décroît de 1, pour les mêmes nombres d'or.

D'après cela, concevons une table de correspondance des nombres d'or avec les épactes pour un siècle déterminé, telle que celle de la page 141 pour le 19ᵉ siècle. Le signe — qui suit 1900 dans le tableau suivant, indique qu'on devra ôter 1 de toutes les épactes de la table, si l'on veut la faire servir de 1900 à 1999. Comme aucun signe n'est placé près de 2000, la même modification servira durant le 21ᵉ siècle, et même jusqu'en 2199, puisque le ± qui accompagne 2100 annonce qu'il faut augmenter et diminuer l'épacte de 1, c'est-à-dire ne la point changer. En 2200 on a — ; ainsi il faut de nouveau retrancher 1 aux épactes de la table de correspondance; et ainsi de suite.

En comptant les + et les — qui sont depuis 1900 inclusivement jusqu'à un siècle donné, on voit combien d'unités doivent être ajoutées aux épactes de la table p. 141, pour la rendre propre à ce siècle. On demande, par exemple, l'épacte de l'an 3181? De 1900 à 3100, il y a 7 — et un +, sans compter les ±, dont l'effet est nul ; il faut donc ôter 6 à toutes les épactes de la table, p. 141, pour former celle qui est propre à l'inter-

valle de 3100 à 3200. Mais le reste de la division de 3182 par 19 est 9 = N; à ce nombre d'or 9 répond l'épacte 28 dans la table ; ôtant 6, il reste 22 pour l'épacte de 3181. Le nombre d'or de l'an 3081 est 4, qui répond à l'épacte 3; il faudrait en ôter 5 : pour rendre cette soustraction possible, on ajoute 30 ; 33 — 5 = 28, qui est l'épacte de 3081.

1600	2200 —	2800	3400 —	4000	4600 ±
1700 —	2300 —	2900 —	3500 —	4100 —	4700 —
1800 ±	2400 +	3000 ±	3600 +	4200 —	4800
1900 —	2500 —	3100 —	3700 —	4300 ±	4900 ±
2000	2600 —	3200	3800 —	4400	5000 —
2100 ±	2700 ±	3300 ±	3900 ±	4500 —	5100 —

381. En combinant ces conditions diverses, voici la règle que j'ai trouvée pour obtenir l'épacte d'une année proposée, quel que soit le siècle, connaissant le nombre d'or et le jour initial de mars (1 désignant lundi, 2 mardi,... 0 dimanche; *v.* p. 136).

Ajoutez 1 au millésime, divisez par 19; le reste est le nombre d'or. (*V.* p. 140.)

Retranchez 1 du nombre d'or, multipliez par 11 et divisez par 30 ; vous aurez un reste : prenez le quart et le tiers (en négligeant les fractions) du nombre qui exprime la partie séculaire du millésime ; leur somme + 8 + le reste — le nombre séculaire, sera l'épacte de l'année proposée. Par exemple, en 2296, comme 2297 divisé par 19 donne 17 pour reste, 17 est le nombre d'or : 11 fois 16, ou 176, divisé par 30, donne 26 pour reste; ainsi l'épacte est..... $\frac{1}{4}22 + \frac{1}{3}22 + 8 + 26 - 22$, ou $5 + 7 + 12 = 24$.

La règle donnée note p. 141 pour le 19[e] siècle, n'est qu'une application de la précédente.

Cela posé, la date pascale est donnée par la règle suivante :

1°. 53 — l'épacte, étant divisé par 30, donne un 1[er] reste;

2°. L'épacte + 5 — le numéro indicateur du jour initial de mars, étant divisé par 7, donne un second reste (au lieu de + 5, on ne prend que + 3 quand l'épacte surpasse 23) ;

31..

3°. Comptez autant de jours *au-delà du* 22 *mars* qu'il y a d'unités dans la somme de ces deux restes; et vous tomberez sur le jour de la fête de Pâques.

Il y a deux exceptions : si le résultat donne le 26 avril, on prendra le 19, en rétrogradant d'une semaine ; si l'on trouve le 25 avril, l'épacte étant 25 et le nombre d'or >11, on prend le 18 avril.

Cette règle convient à tous les siècles, et même aussi au Calendrier julien, pourvu qu'on détermine l'épacte et l'initial de mars par les règles qui conviennent à ce système (*).

Par exemple, en 1282, ce fut le lendemain de la fête de Pâques qu'arriva le massacre des vêpres siciliennes ; quelle est la date de cet événement? Cet année, antérieure à 1582, appartient au style julien; on trouve lundi, ou 0, pour le jour initial de mars; nombre d'or $= 10$; épacte $= 17$; donc la fête pascale a eu lieu $6 + 1$, ou 7 jours après le 22 mars, c'est-à-dire le 29; l'événement dont il s'agit est donc arrivé le 30 mars.

Voici quelques applications de ces règles :

Années.	Initial de mars.	Nombre d'or.	Épacte.	Fête pascale.
1734	lundi	6	25	15 avril
1778	dimanche	12	1	19 avril
1818	dimanche	14	23	22 mars
1820	mercredi	16	15	2 avril
1837	mercredi	14	23	26 mars
1954	lundi	17	25	18 avril
2258	lundi	17	24	25 avril
2296	dimanche	17	24	19 avril.

(*) Dans le Calendrier julien, le nom du jour qui commence le mois de mars est donné à perpétuité par cette règle : *au millésime ajoutez son quart (en négligeant les fractions) et* $+ 1$; *divisez par* 7, *et le reste sera le numéro de l'initial de mars.* La lettre dominicale est $4 - $ ce numéro.

Pour l'épacte, *multipliez le nombre d'or* $- 3$ *par* 11 *et divisez par* 30; *le reste sera l'épacte.* Le nombre d'or est donné page 141.

En 1282, le nombre d'or est 10, reste de 1283 divisé par 19; l'initial de mars est lundi, puisque le reste de $1282 + 320 + 1$ divisé par 17, est 0; la lettre dominicale est D; enfin $10 - 3$, ou 7, multiplié par 11, et divisé par 30, donne pour reste l'épacte 17.

332. *Calendrier musulman.* Ce calendrier est purement lunaire. L'année a douze mois alternativement de 30 et 29 jours; chaque mois commence à la néoménie, ce qui donne 354 jours à l'année, ou 355 jours quand on fait le dernier mois de 30 jours. Ainsi cette année n'a rien de commun avec la marche du Soleil, et le jour qui la commence parcourt notre calendrier en rétrogradant de 10 à 11 jours par an. La révolution de l'année synodique étant de $354^j,367063$, l'année civile de 354 jours est plus courte de $0,367063 = 8^h 48',571$: cette fraction négligée produit $11^j,01$ en 30 ans, et l'on intercale ces 11 jours, en donnant 30 jours, au lieu de 29, au dernier mois de 11 années de la période de 30 ans. Ces 11 années de 355 jours sont les

2ᵉ, 5ᵉ, 7ᵉ, 10ᵉ, 13ᵉ, 15ᵉ, 18ᵉ, 21ᵉ, 24ᵉ, 26ᵉ et 29ᵉ.

Par là, 30 ans comprennent 10631 jours, et les 30 années lunaires correspondantes ont $10631^j,0119$, ce qui, à la longue, doit amener une petite erreur. Ces années de 355 jours sont appelées *kebise*. Au reste, les Musulmans ne fixent pas leurs années kebises par la règle ci-dessus, qui n'est qu'à l'usage des savants, mais par l'observation même de la Lune; et comme cette observation peut donner lieu à des erreurs locales, les nations soumises à la loi mahométane ont 1 ou 2 jours de différence dans leurs dates.

Les douze mois mahométans sont :

1. Muharem	30ʲ	7. Redjeb	30ʲ
2. Ssafar	29	8. Châban	29
3. Rhaby el aouel	30	9. Rhamadan	30
4. Rhaby el thany	29	10. Chaoual	29
5. Djemasi el aouel	30	11. Zilkideh	30
6. Djemasi el thany	29	12. Zilhidghé	29 ou 30.

Les jours commencent le soir et vont jusqu'au soir du lendemain, c'est-à-dire qu'on compte les temps par nuits. On divise les mois en semaines, dont le dimanche est le premier jour. Le vendredi est férié.

L'ère des mahométans est appelée *Hégyre*, qui signifie

fuite, parce que cette année est celle où Mahomet fut forcé de fuir de la Mecque : elle répond au 16 juillet de l'an 622 (l'an 5335 de la période julienne); c'est le jeudi 1[er] muharem de l'an 1 que commence l'ère musulmane; mais la fuite n'est arrivée que 68 jours après, le 8 Rhaby.

Voici les noms des jours de la semaine des Turcs :

Youm el ahad, qui répond à notre	dimanche,
Youm el thani	lundi,
Youm el thaleth....................	mardi,
Youm el arbaa......................	mercredi,
Youm el khamis....................	jeudi,
Youm el djoumada................	vendredi,
Youm el essabt....................	samedi.

Chaque jour, et par conséquent chaque fête, commence la veille au soir. Les fêtes sont attachées à des dates fixes; voici les principales :

Le 1[er] *Moharem*, ou 1[er] jour de l'an;

Le 10 *Moharem*, nommé *Ashura*, jeûne très rigoureux;

Le 20 *Djemasi*; le 1[er] est l'anniversaire de la prise de Constantinople;

Le 29 *Redjeb*, ascension de Mahomet au ciel;

Les 13, 14 et 15 de chaque mois sont des jours heureux;

Le 15 *Châban* est la nuit de *Barah* ou d'*Alkadr*, anniversaire de l'époque où, pour la première fois, l'Alcoran est descendu du ciel, en totalité.

Il y a deux grandes fêtes de *Beiram* : l'une appelée *Aïd el Kebir*, *Aïd el Korban*, *Aïd el Adhha*, grande fête, fête du sacrifice ou des victimes; c'est la Pâque mahométane, le 10 de *Zilhidghe*; les Turcs l'appellent *petit Beiram* : l'autre, venant les 1, 2 et 3 *Chaoual*, est le *grand Beiram*, nommé *Aïd Saghir*, *Aïd el Fethu*; ce jour met fin au jeûne observé pendant tous les jours du mois *Ramadan*, temps pendant lequel il n'est permis de manger que la nuit : c'est le 27 de ce mois qu'arrive la *nuit de puissance*, *Lailat el Kadu*, pendant laquelle le Coran a commencé à descendre du ciel. Les jours du grand Beiram, le peuple se livre à de grandes

réjouissances pour célébrer la fin du jeûne, et l'on fait des prières extraordinaires dans les mosquées.

353. Il resterait à établir la correspondance de notre calendrier avec celui des Turcs; mais ce problème exigerait des calculs algébriques, qui ne peuvent trouver place ici. (*V.* le Mémoire que j'ai inséré dans le *Bulletin de Ferrussac,* Math., année 1828, n° 265, p. 340, et celui de M. Ideler, Académie de Berlin, 1813.) Seulement nous remarquerons que, 1°. l'ère de l'hégyre commençant le 6 juillet 622, il y avait alors 621,54 ans écoulés; 2°. les durées des deux années étant $354\frac{11}{30}$ et $365\frac{1}{4}$, ces nombres sont :: 21262 : 21915, ou à très peu près :: 33 : 34. Ainsi, en multipliant une année d'hégyre proposée par $\frac{33}{34}$, ou 0,97, et ajoutant 621,54 au produit, on a l'année julienne correspondante. Par exemple, pour l'an 1251 de l'hégyre, on trouve

$$621,54 + 0,97 \times 1251 = 1835;$$

ainsi cette année tombe en 1835. Et en effet, le 1er jour de l'an 1251 de l'hégyre tombe le 29 avril 1835, et finit le 17 avril 1836.

Au reste, ces dates suffisent pour composer les calendriers des Turcs pour les années 1252, 1253, etc., et ainsi de proche en proche, puisqu'en divisant ces nombres par 30, les restes sont les années qui excèdent la période, et il est facile de savoir si elles ont 354 ou 355 jours, d'après leur rang dans cette période. En 1254, le reste est 24, et par conséquent on compte 355 jours en cette année.

354. *Calendrier des Juifs.* L'ère est la création du monde supposée l'an — 4111, quoique Joseph la place l'an — 4658, les septante en — 5508, le texte samaritain en — 4424, et l'*Art de vérifier les dates* en — 4963.

Les Israélites commencent le jour à 6 heures du soir, leurs mois à la néoménie, ayant 30 et 29 jours alternativement, comme les Musulmans : mais ils divisent la durée en semaines de 7 jours, et leur samedi, ou *Sabbat*, est férié. Les 12 mois

de l'année ne comprenant que 354 jours, ne s'accordent avec la marche du Soleil qu'en intercalant sept mois dans le cycle de 19 ans, comme les Grecs : ces années *embolismiques* attribuent un 13ᵉ mois aux années 3, 6, 8, 11, 14, 17 et 19 de ce cycle. Voici les noms de ces mois :

1. *Tisri*........... 30*j*	7. *Nisan*.............. 30*j*
2. *Marcheswan*.... 29 ou 30	8. *Ijar* 29
3. *Kasleu*.......... 29 ou 30	9. *Sivan*.............. 30
4. *Thebet*.......... 29	10. *Thammuz*............ 29
5. *Shebat*.......... 30	11. *Ab*.................. 30
6. *Adar* 30	12. *Elul*................ 29.

Le 13ᵉ mois ajouté aux années embolismiques est le 5ᵉ, sous le nom *Véadar;* il a 29 jours : les mois Marcheswan et Kasleu ont, par années alternatives, 29 jours et 30 jours.

Outre ce calendrier civil, les Juifs en ont un sacré, qui commence au printemps par le mois de Nisan, et ne diffère pas d'ailleurs du premier.

Peu versés en Astronomie, les anciens Juifs divisaient très irrégulièrement leur année. Même après Moïse, on ne commençait chaque année qu'au printemps, à l'époque de la nouvelle lune qui en était la plus rapprochée; le jour de Pâques tombait le 14 de Nisan. Ce signe régulateur dépendant des saisons, était très variable, la loi prescrivant d'offrir à Dieu les prémices des moissons le jour de la Pentecôte, qui venait 50 jours après Pâques.

Lors de la captivité de Babylone, les Juifs reçurent des Chaldéens quelques notions d'Astronomie, et leur empruntèrent leurs mois et leurs périodes d'intercalation. A partir d'Esdras, et surtout des Machabées, le calendrier a pris la régularité qu'il a conservée jusqu'à ce jour ; l'année a commencé à l'automne par le mois de Tisri, comme on vient de le dire.

Nous ne pouvons donner ici le procédé assez compliqué qui permet de déterminer la correspondance des dates du calendrier des Juifs avec le nôtre. (*V.* le Mémoire de M. Ideler, page 38.)

Les Israëlites célèbrent la Pâque, en mémoire de leur passage de la mer Rouge, et de ce que l'ange exterminateur a épargné leurs premiers nés durant leur séjour en Égypte : c'est le soir du 14[e] jour de Nisan que cette fête commence et qu'on immole et mange l'agneau ; elle dure 8 jours, et cette semaine est appelée *Kébie*. 50 jours après est la Pentecôte, ou jour des prémices, en mémoire de la loi donnée sur le mont Sinaï ; cette fête dure 2 jours.

La fête de l'expiation, ou du pardon, est célébrée le 10 de Tisri ; le bouc émissaire *Azazel* est chargé des péchés d'Israël.

La purification du temple, par Judas Machabée, est fêtée le 25 Kasleu et dure 8 jours ; on nomme cette fête *Encénie*.

La fête appelée *Purin*, les 14 et 15 Adar, est en mémoire d'Esther, qui a sauvé le peuple Juif. Celle des *Trompettes* célèbre le retour d'une nouvelle année, les 1 et 2 Tisri.

388. Nous avons cité les ères et les cycles les plus remarquables, que nous rappellerons ici en peu de mots.

1°. La *période julienne* de 7980 ans, imaginée par Scaliger, qui a commencé l'an — 4713 ;

2°. La *période dyonisienne* de 532 ans ;

3°. Les *olympiades d'Iphicus*, révolutions de 4 années, dont la 1[re] a commencé l'an — 776, la 3938[e] de la période julienne ;

4°. L'ère de la *fondation de Rome*, en — 753, la 3961[e] de cette période.

5°. L'*ère de Nabonassar*, l'an — 747, ou la 3965[e] de la période julienne ;

6°. L'ère de l'*hégyre*, l'an 622, ou 5335 de cette période ;

7°. Le *Saros*, ou *période chaldaïque* de 6585 jours $\frac{1}{3}$, ou 18 ans 10 jours, accomplissant 223 lunaisons, après lesquelles les éclipses reviennent aux mêmes positions du Soleil dans l'écliptique (*v.* page 126) ;

8°. La *grande année des patriarches*, ou cycle de 600 ans, ou 7421 lunaisons, qui ramènent les syzygies aux mêmes points du ciel, à 1 jour près ;

9°. La *période sothiaque*, ou *caniculaire*, de 1460 ans,

relative au lever héliaque de Sirius, et à l'année vague égyptienne de 365 jours (*V.* pages 348, 389 et 409.);

10°. La *période de Méthon* de 19 années ou 235 lunaisons; celle de 76 ans de Callipus, qui a commencé à l'automne de l'an —330, ou la 4383ᵉ année de la période julienne; ce philosophe a quadruplé la période de Méthon et a retranché un jour, pour la rendre plus exacte : Hipparque en fit autant pour la période callipique, et imagina le cycle de 304 ans;

11°. On a aussi le cycle de 8 ans employé par Cléostrate et Harpalus; celui de 59 ans, par Philolaüs et Œnopides; celui de Démocrite, de 82 ans, etc. Toutes ces périodes étaient destinées à accorder les mouvements du Soleil et de la Lune, avec plus ou moins de précision.

On comprendra aisément ce qu'on trouve annoncé en tête de tous les calendriers de la *Connaissance des Tems* : par exemple, en 1838, on lit ces indications :

Année 6551 de la période julienne,
2591 de la fondation de Rome,
2585 de l'ère de Nabonassar,
2614ᵉ des olympiades (2ᵉ année de la 654ᵉ),
l'an 1253 de l'hégyre commence le 7 avril 1837 et finit le 26 mars 1838.

Construction et usage des Tables.

La Table I est destinée à faire connaître l'*ascension droite en temps, du Soleil moyen,* pour tous les jours de l'année, ou l'*heure sidérale du passage du Soleil moyen au méridien de Paris,* ainsi qu'on l'a dit n° 330. L'exemple cité p. 454 suffit pour en montrer l'usage. On trouve dans cette Table l'ascension droite moyenne, de 5 en 5 jours, et l'on voit, à la fin de la Table, le nombre qu'il faut ajouter pour les dates intermédiaires. La dernière colonne donne la correction qu'il faut faire chaque année pour obtenir le nombre demandé. La

colonne N fait connaître l'argument de nutation lunaire qu'on tire de la Table V, ainsi qu'on peut le remarquer dans l'exemple cité p. 454. Le petit arc de nutation solaire est compris dans les nombres de la Table, parce qu'il est chaque année le même pour la même date.

Quant à la construction de cette Table, elle résulte de ce qui a été dit nos 324 et 325; et la Table III, formée sur les mêmes principes, peut aussi servir à déterminer l'ascension droite moyenne qui est la même chose que la longitude moy. en temps.

La Table II est destinée à faire connaître *la marche du Soleil moyen en ascension droite*, pour toutes les fractions de jour. Les nombres y sont les sous-multiples de 3′56″,55533, ou de 3′55″,9094, selon qu'on demande cette marche en temps sidéral ou en temps moyen, ainsi qu'il a été dit nos 323 et 324. (*Voy*. les exemples, p. 454, 460 et 461.)

La Table III fait connaître *la longitude du Soleil moyen* à tous les instants. L'exemple cité p. 456 suffit pour en faire comprendre l'usage; et ce qui a été dit p. 453 en explique la construction.

La Table IV donne *les longitudes et les latitudes des principales étoiles*, pour le 1er janvier 1821; les variations annuelles de ces arcs sont données dans une colonne séparée; multipliés par les durées écoulées depuis cette époque, les produits de ces variations doivent être ajoutés aux nombres de la Table, pour faire trouver la valeur de ces arcs dans les années suivantes. Mais on n'obtient ainsi que les valeurs corrigées de la précession annuelle et des variations de l'obliquité de l'écliptique; en sorte qu'il faut en outre avoir égard à l'aberration et à la nutation, ainsi qu'on l'a exposé p. 244. Mais le calcul de cette petite correction (elle ne s'élève pas le plus souvent jusqu'à 1″) n'est pas de nature à trouver place dans notre Traité.

La Table V fait connaître la *Nutation lunaire*, lorsqu'on a l'argument N, ainsi qu'on l'a expliqué dans les exemples, p. 454 et 456. Cette Table donne, dans trois colonnes, la

nutation en ascension droite (en temps), en longitude, et en obliquité de l'écliptique (en arcs). Les exemples cités p. 456 et 458 indiquent l'emploi de ces derniers nombres.

La Table VI donne de même la *nutation solaire* en longitude et en obliquité (en arcs). Nous rappellerons que la Table I, contenant cette nutation, il était inutile d'en donner la valeur en ascension droite et en temps.

Il ne faut pas oublier, lorsqu'on fera usage des Tables V et VI, d'avoir égard aux signes dont les nombres sont affectés, car les corrections de nutations lunaire et solaire sont tantôt additives et tantôt soustractives, selon les cas.

La Table VII a pour but de corriger la longitude du Soleil moyen, qui suppose la marche de cet astre circulaire, uniforme et dirigée dans l'équateur, de la variation de son rayon vecteur dans l'orbite elliptique qu'il parcourt. Ce qui a été dit n° 328 suffit pour faire concevoir l'usage de cette Table, d'où l'on tire deux nombres M et N qui sont les corrections demandées, et qu'on doit employer avec les signes qui les affectent. Ces corrections apportées à la longitude du Soleil moyen, transforment celle-ci en longitude vraie, l'astre n'étant plus supposé décrire l'équateur; c'est sa position sur l'ellipse qu'il parcourt. Mais on doit ajouter que ce résultat aurait besoin de nouvelles corrections, peu étendues d'ailleurs, parce qu'il n'y est pas tenu compte des perturbations causées par l'attraction de la Lune et des planètes. (*Voyez* p. 201, 5°.) Ainsi on n'obticut de la sorte qu'une longitude approchée du Soleil vrai, et c'est aux *Connaissances des Tems* des années successives qu'il faut recourir pour avoir les valeurs exactes de ces arcs, lorsqu'elles sont nécessaires.

La Table VIII fait connaître l'*équation du temps* pour tous les jours de l'année 1838, à midi moyen de Paris, ou la différence entre le temps vrai et le temps moyen. On l'obtient pour les autres heures par un calcul de proportion qui a été expliqué p. 459. Nous avons aussi exposé, p. 462, ce qu'il faut faire quand veut obtenir l'équation du temps pour tout autre méridien que celui de Paris. Les nombres de cette

Table servent à trouver l'heure vraie quand on connaît l'heure moyenne, et réciproquement. (*V.* p. 99 et 458.)

Il est à remarquer que l'équation du temps varie chaque année pour une même date (*V.* p. 101); mais comme ce changement est très faible, et que d'ailleurs on a choisi pour type l'année 1838, qui est moyenne entre deux bissextiles, cette Table pourra servir, sans erreur notable, pour plus de 20 ans, tant avant qu'après cette époque. Quand on demande des résultats rigoureusement exacts, il faut prendre l'équation du temps de ces autres années dans la *Connaissance des Tems*, ou dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*. Il nous aurait été impossible d'avoir égard à ces petites variations, sans recourir à des théories et à des calculs qui sont beaucoup trop compliqués pour entrer dans le plan de notre ouvrage.

La Table IX sert à trouver le *lieu moyen de la Lune*; elle est établie d'après les nombres exposés p. 464 : l'usage en est absolument le même que celui de la Table III, et l'exemple cité p. 465 suffit pour comprendre comment on doit faire le calcul. Mais il ne faut pas oublier que la longitude obtenue par cette opération n'est que *moyenne*, c'est-à-dire qu'elle suppose à la Lune un mouvement circulaire et uniforme dans l'équateur, ce qui est plus ou moins défectueux. On fait donc abstraction des inégalités appelées *évection*, *équation annuelle* et *variation* (*V.* p. 186), et même du mouvement elliptique dans une orbite inclinée d'environ 5 degrés sur l'écliptique. Les corrections à faire pour trouver le lieu vrai de la Lune, en ayant égard à toutes les causes perturbatrices, sont trop nombreuses et trop délicates pour trouver place dans ce Traité.

La Table X est destinée à faire connaître les instants des *syzygies*, et par suite toutes les phases moyennes de la Lune; elle est fondée sur les nombres exposés p. 464, et sur la théorie développée p. 102 à 108. L'exemple donné p. 466 suffit pour en faire concevoir l'usage. Mais on doit ajouter que ce calcul ne fait connaître que les phases moyennes, et non

les phases véritables qui diffèrent plus ou moins, mais toujours d'une petite durée. Pour obtenir celles-ci avec exactitude, il faut absolument trouver la longitude vraie de la Lune, et chercher les instants où elle est à 0°, 90°, 180° et 270° du Soleil, ce que nous avons dit exiger des opérations longues et difficiles, qui dépassent les limites de notre plan.

La Table XI est un *catalogue d'étoiles* pour l'an 1830, destiné à faire connaître l'*ascension droite en temps, la déclinaison en arc*, et les variations annuelles de ces coordonnées, pour les principales étoiles. Ces variations, causées par la précession des équinoxes et le mouvement propre (n°s 106 et 134), doivent être multipliées par la durée écoulée depuis le 1er janvier 1830 jusqu'au jour proposé, l'unité étant l'année : le produit est ajouté à l'arc correspondant. Ainsi, pour avoir le lieu d'Antarès, le 25 août 1837, comme il y a 7 ans écoulés, plus 0,644, on multipliera par 7,644 les variations + 3",659 et — 8",550, en ascension droite et en déclinaison ; les produits + 27",97 et — 65",36 sont ensuite ajoutés aux coordonnées de 1830, savoir :

1er Janvier 1830............	16h19'0",03	—26°3'44",15
Var. en 7,644 ans..........	+ 27,97	— 65 ,36
	Asc. dr. = 16.19.28,00,	décl. = —26.3.49,51

le — qui affecte la déclinaison indique qu'elle est australe. Tels sont les arcs coordonnés d'Antarès au jour désigné. Il faudrait en outre apporter à ces nombres les petites corrections de nutation et d'aberration ; mais ce sujet ne peut être traité ici et ne change que très faiblement les résultats.

La Table XII est destinée à faire connaître l'*heure de la haute et celle de la basse mer,* dans divers ports de mer de France; l'exemple cité p. 468 suffit pour en faire comprendre l'usage et la composition.

La table XIII est destinée aux *élémens des planètes*; on y trouve les quantités suivantes.

1°. *Les distances moyennes des planètes au Soleil*, ou les demi-grands axes de leurs orbites, exprimés, soit en parties de

celui de l'écliptique pris pour unité, soit en rayons terrestres (en multipliant par 23984), soit enfin en lieues de 2280 toises (en multipliant de nouveau par 1432,4; *v.* p. 30 et 79). Par ex., le demi-grand axe de Mercure est les 0,3871 de celui de l'écliptique, ou environ 9282 rayons terrestres, ou 13309 970 lieues.

Le même tableau donne aussi les rapports de *l'excentricité* au demi-grand axe de l'orbite, pour le commencement de 1801, et leurs variations en 100 ans. Si l'on demande par ex., l'excentricité de l'écliptique en 1831, on prendra 0,3 fois la variation, savoir — 0,00001249, et retranchant, à cause du signe —, il vient 0,01683069.

Le 2ᵉ tableau donne, 1°. les *volumes* des planètes; 2°. leurs *masses;* 3°. leurs *densités*, 4°. leurs *poids*, le tout en prenant pour unités les mêmes choses pour le globe terrestre; 5°. la *loi de la pesanteur* à leur surface; 6°. enfin la *parallaxe annuelle*. Ainsi le volume de Jupiter est 1281 fois celui de la Terre, sa masse est près de 332 fois plus grande que celle de notre globe, et sa densité le quart environ de celle de ce corps; Jupiter pèse près de 3 fois plus que lui, les corps y tombent de 36 pieds et demi dans la première seconde de leur chute; enfin, un spectateur placé dans cette planète ne verrait le rayon de l'écliptique que sous un angle de 6°59'. On consultera le n° 116, où l'on explique la manière de trouver ces divers nombres.

Le 3ᵉ tableau indique les *diamètres* planétaires, tels que nous les observons à la moindre, à la moyenne et à la plus grande distance de nous; on les donne aussi tels qu'on les verrait s'ils étaient tous rangés à la distance où se trouve le Soleil; leurs grandeurs apparentes seraient alors proportionnelles à leurs diamètres vrais; ceux-ci sont aussi exprimés en lieues de 2280 toises, et en prenant celui de la Terre pour unité. On trouve enfin la durée de la rotation sur leur axe. Nous voyons Vénus sous un angle qui varie depuis 9",6 jusqu'à 61",2, et qui serait de 18",8 si l'astre était à la place du Soleil: ce diamètre est de 2794 lieues, et les 0,975 de celui de la Terre: Vénus tourne sur son axe en 0ʲ,973 ou 23ʰ21'7"; c'est le temps que l'un de ses méridiens met à revenir à la même étoile, ou

celui qu'une étoile emploie à faire sa révolution sidérale apparente, pour un spectateur situé sur cette planète.

Viennent ensuite les temps employés par les planètes à parcourir leur orbite, ou la durée de leurs *révolutions sidérales*. On y voit, par ex., que la ligne qui, menée par les centres du Soleil et de Mercure, va se prolonger au ciel jusqu'à quelque étoile, ne revient à cet astre qu'après $87^j,969258o$ de temps moyen. Les temps des retours des planètes à la même place, par rapport au Soleil, ou leurs *révolutions synodiques*, ou les retours aux conjonctions et oppositions avec cet astre, se tirent des sidérales par le calcul.

Le tableau 4ᵉ donne encore l'*espace décrit* par chaque planète dans son orbite, en degrés pendant 10 j., ou en lieues pendant une minute.

Vient ensuite le *mouvement sidéral* en un an, tant du *périhélie* que du *nœud* ascendant.

Les tableaux 5 et 6 complètent la connaissance des élémens des planètes, tels qu'ils ont été énoncés p. 171, et dont l'usage est le même que pour les tables III et IX du Soleil et de la Lune. Les mouvemens en longitude sont censés circulaires et uniformes.

Enfin, on donne les éléments des mouvements des satellites de Jupiter, pour en calculer les éclipses. (*V.* p. 165 et 330.)

FIN.

CALENDRIER ROMAIN.

Janvier, Aout, Décembre.		Avril, Juin. Septembre, Novembre.		Mars, Mai. Juillet, Octobre.	
1	*Calendes.*	1	*Calendes.*	1	*Calendes.*
2	4 nones.	2	4 nones.	2	6 nones.
3	3 nones.	3	3 nones.	3	5 nones.
4	2 nones.	4	2 nones.	4	4 nones.
5	*Nones.*	5	*Nones.*	5	3 nones.
6	8 ides.	6	8 ides.	6	2 nones.
7	7 ides.	7	7 ides.	7	*Nones.*
8	6 ides.	8	6 ides.	8	8 ides.
9	5 ides.	9	5 ides.	9	7 ides.
10	4 ides.	10	4 ides.	10	6 ides.
11	3 ides.	11	3 ides.	11	5 ides.
12	2 ides.	12	2 ides.	12	4 ides.
13	*Ides.*	13	*Ides.*	13	3 ides.
14	19 calendes.	14	18 calendes.	14	2 ides.
15	18 calendes.	15	17 calendes.	15	*Ides.*
16	17 calendes.	16	16 calendes.	16	17 calendes.
17	16 calendes.	17	15 calendes.	17	16 calendes.
18	15 calendes.	18	14 calendes.	18	15 calendes.
19	14 calendes.	19	13 calendes.	19	14 calendes.
20	13 calendes.	20	12 calendes.	20	13 calendes.
21	12 calendes.	21	11 calendes.	21	12 calendes.
22	11 calendes.	22	10 calendes.	22	11 calendes.
23	10 calendes.	23	9 calendes.	23	10 calendes.
24	9 calendes.	24	8 calendes.	24	9 calendes.
25	8 calendes.	25	7 calendes.	25	8 calendes.
26	7 calendes.	26	6 calendes.	26	7 calendes.
27	6 calendes.	27	5 calendes.	27	6 calendes.
28	5 calendes.	28	4 calendes.	28	5 calendes.
29	4 calendes.	29	3 calendes.	29	4 calendes.
30	3 calendes.	30	2 calendes.	30	3 calendes.
31	2 calendes.			31	2 calendes.

La veille des ides, des nones et des calendes était le *pridie*, la surveille le *tertio*, le jour d'avant, *quarto*, etc., et ainsi en remontant. On disait *pridie nonas*, *tertio idus*, etc.; de même *quarto calandas Augusti* désignait le 4ᵉ jour à compter de celui des calendes d'août, c'est-à-dire le 29 du mois de juillet. (*Voyez* p. 478.)

Le mois de févr. était réglé sur la 1ʳᵉ ou la 2ᵉ colonne, jusqu'au jour des ides, le 13ᵉ du mois : ensuite, selon que février avait 28 ou 29 jours, c'était ce dernier jour du mois qui était le *pridie calandas Martis*, la veille était le *tertio*, etc.

Dates.	JANVIER. Féries.	Ép.	FÉVRIER. Féries.	Ép.	MARS. Féries.	Ép.
1	A CIRCONCISION.	0	D S. Ignace	29	D S. Aubin	0
2	B S. Basile.	29	E PURIFICATION.	28	E S. Simplice.	29
3	C Ste Geneviève.	28	F S. BLAISE.	27	F Ste Cunégonde.	28
4	D S. Rigobert.	27	G S. Philéas.	26	G S. Casimir	27
5	E S. Siméon	26	A Ste Agathe.	24*	A S. Adrien.	26
6	F LES ROIS	25	B S. Vast.	23	B Ste Colette	25
7	G S. Theau	24	C S. Romuald	22	C S. Thom. d'Aq.	24
8	A S. Lucien.	23	D S. Jean de M.	21	D S. Jean de Dieu.	23
9	B S. Pierre évêque	22	E Ste Apolline	20	E Ste Françoise.	22
10	C S. Paul, ermite.	21	F Ste Scholastique.	19	F Ste Doctorée	21
11	D S. Hygin	20	G S. Séverin, ab.	18	G 40 Martyrs	20
12	E S. Arcade	19	A Ste Eulalie.	17	A S. Grégoire, p.	19
13	F Baptême de J.-C.	18	B S. Mélèce, év.	16	B Ste Euphrasie.	18
14	G S. Hilaire	17	C S. Valentin	15	C S. Lubin.	17
15	A S. Maur	16	D S. Faustin	14	D S. Zacharie	16
16	B S. Guillaume.	15	E Ste Julienne.	13	E S. Abraham	15
17	C S. Antoine, ab.	14	F Ste Théodule.	12	F Ste Gertrude.	14
18	D Ch. S. P. à R.	13	G S. Siméon	11	G S. Alexandre.	13
19	E S. Sulpice	12	A S. Boniface	10	A S. Joseph.	12
20	F S. Sébastien.	11	B S. Eucher	9	B S. Joachim.	11
21	G Ste Agnès.	10	C S. Flavien	8	C S. Benoît	10
22	A S. Vincent, m.	9	D Ste Isabelle	7	D S. Epaphrodite.	9
23	B S. Ildefonse.	8	E S. Mérault	6	E S. Victorien.	8
24	C S. Babylas.	7	F S. Mathias.	5	F Ste Catherine.	7
25	D Conv. de S. Paul.	6	G S. Césaire.	4	G S. Irénée.	6
26	E Ste Paule	5	A S. Nestor	3	A S. Ludger	5
27	F S. Julien.	4	B Ste Honorine.	2	B S. Rupert	4
28	G S. Charlemagne.	3	C S. Romain	1	C Ste Dorothée	3
29	A S. Franç. de S.	2			D S. Cyrile	2
30	B Ste Batilde	1			E S. Rieul	1
31	C Ste Marcelle.	0			F Ste Balbine	0

Demi-diamètre du Soleil.

	Janvier	Février	Mars
Le 1	16′ 17″8	16′ 15″3	16′ 9″6
Le 11	16.17,	16.13,6	16.7,0
Le 21	16.16,6	16.11,5	16.4,3

DATES.	AVRIL.		MAI.		JUIN.	
	Féeries.	*Ép.*	*Féeries.*	*Ép*	*Féeries.*	*Ép.*
1	G S. Hugues......	29	B S. Jacq. et Phil.	28	E S. Pamphile...	27
2	A S. François de P.	28	C S. Athanase....	27	F S. Pothin......	26
3	B S. Richard.	27	D Inv. Ste-Croix...	26	G Ste Clotilde....	24*
4	C S. Ambroise....	26	E Ste Monique....	25	A S. Optat......	23
5	D S. Vincent.. ...	24*	F Conv. S.-Aug...	24	B S Boniface. ...	22
6	E S. Prudence....	23	G S. Jean P. L....	23	C S. Norbert.....	21
7	F S. Hégésipe.....	22	A S. Stanislas.....	22	D S. Paul, arch..	20
8	O S. Perpet.......	21	B S. Desiré.......	21	E S. Médard.....	19
9	A Ste Marie égyp..	20	C S. Grég. Naz....	20	F S. Vincent.....	18
10	D S. Macaire.	19	D S. Gordien.....	19	C S. Landry. . ..	17
11	C S. Léon........	18	E S. Mamert......	18	A S. Barnabé. ...	16
12	D S. Jules........	17	F S. Pancrace. ...	17	D S. Olympe.....	15
13	E S. Marcelin.....	16	G S. Gervais......	16	C S. Ant. de Pad.	14
14	F S. Tiburce......	15	A S. Boniface.....	15	D S. Rufin.......	13
15	C S. Paterne......	14	B S. Isidore.	14	E S. Guy........	12
16	A S. Fructueux....	12	C S. Honoré......	13	F S. Cyr.........	11
17	D S. Anicet.......	12	D S. Paschal......	12	C S. Avit........	10
18	C S. Parfait.	11	E S. Venance	11	A Ste Marine. ...	9
19	D S. Elphège....	10	F S. Yves..	10	B S. Gerv. et Prot.	8
20	E Ste Hildegonde.	9	O S. Bernardin....	9	C S. Silvère.	7
21	F S. Anselme.....	8	A S. Hospice.....	8	D S. Leufroi.....	6
22	G Ste Opportune..	7	B Ste Julie.	7	E S. Paulin... ..	5
23	A S. Georges.....	6	C S. Didier.......	6	F S. Adolphe. ...	4
24	B Ste Beuve......	5	D S. Donatien. ...	5	G NAT. de S. J. B.	3
25	C S. Marc........	4	E S. Urbain......	4	A S. Prosper.....	2
26	D S. Clet.........	3	F S. Quadrat.	3	B S. Babolin.....	1
27	E S. Anastase.....	2	O S. Hildevert....	2	C S. Ladislas. ...	0
28	F S. Vital........	1	A S. Germain. ...	1	D S. Loubert	29
29	G S. Robert.......	0	D S. Maximin. ...	0	E S. PIERRE et P..	28
30	A S. Eutrope.	29	C S. Hubert.	29	F Con. S. Paul. .	27
31			D Ste Pétronille...	28		

Demi-diamètre du Soleil.

	Avril	Mai	Juin
Le 1.......	16′ 1″2	15′53″4	15′ 47″6
Le 11.......	15.58,5	15.51,2	15.46,5
Le 21.......	15.55,9	15.49,3	15.45,8

DATES.	JUILLET.		AOUT.		SEPTEMBRE.	
	Féeries.	Ép	*Féeries.*	Ép.	*Féeries.*	Ép.
1	G S. Martial......	26	C S. Pier.-ès-liens.	24*	F S Leu et Gilles.	23
2	A Vts. DE LA V...	25	D S. Étienne, pap..	23	C S. Lazare	22
3	B S. Anatol ..,...	24	E Ste Lydie..	22	A S. Gregoire, pa.	21
4	C Ste Berthe......	23	F S. Dominique. ..	21	B Ste Rosalie. ...	20
5	D Ste Zoé.	22	G S. Yon.	20	C S. Victorin. ...	19
6	E S. Tranquillin..	21	A Transl. J.-C....	19	D S. Éleuthere...	18
7	F Ste Aubierge....	20	B S. Gaëtan.	18	E S Cloud.......	17
8	G S. Procope.....	19	C S. Justin.......	17	F NAT. N. D.....	16
9	A S. Ephrem......	18	D S. Romain.	16	G S. Omer	15
10	B Ste Félicité.....	17	E S. Laurent.	15	A Ste Pulchérie..	14
11	C Trans. S Benoît.	16	F Ste Suzanne	14	B S. Patient.	13
12	D S. Gualbert. ...	15	G Ste Claire......	13	C S. Raphaël. ...	12
13	E S. Eugène.....	14	A S. Hippolyte...	12	D S. Amé.......	11
14	F S. Bonaventure.	13	B S. Eusèbe.	11	E Ex. Ste Croix..	10
15	G S. Henri.	12	C ASSOMPTION......	10	F S. Nicomède..	9
16	A S. Eustate......	11	D S. Roch.	9	G S. Cyprien. ...	8
17	B S. Alexis.	10	E S. Carloman....	8	A S. Lambert....	7
18	C S. Arnould.	9	F Ste Hélène......	7	B S. J. Chrysost.	6
19	D S. Vinc. de P. ..	8	G S. Louis, év. ..	6	C S. Janvier.....	5
20	E Ste Marguerite..	7	A S. Bernard.....	5	D S. Eustache....	4
21	F S. Victor.......	6	B S. Privat.......	4	E S. Mathieu....	3
22	G Ste Madeleine...	5	C S. Symphorien..	3	F S. Maurice.. ..	2
23	A Ste Apollinaire..	4	D S. Timothée....	2	G Ste Thècle.....	1
24	D Ste Christine. ..	3	E S. Barthélemi...	1	A S. Andoche....	0
25	C S. Jacq. le maj..	2	F S. Louis R.....	0	B S. Firmin.. ...	29
26	D Trans.S.Marcel.	1	G S. Zéphirin.....	29	C Ste Justine. ...	28
27	E S Pantaléon. ...	0	A S. Césaire......	28	D S. Côme et Da.	27
28	F Ste Anne.......	29	B S. Augustin....	27	E S. Céran.	26
29	G Ste Marthe.. ..	28	C S. Medéric.....	26	F S. Michel......	24*
30	A Abdon.........	27	D S. Fiacre.	25	G S. Jérôme.. ..	23
31	B S. Germ. Aux...	26	E S. Ovide..	24		

Demi-diamètres du Soleil.

Le 1.......	15′ 45″5	15′ 47″5	15.53,2
Le 11.......	15.45,7	15.49,0	15.55,7
Le 21.......	15.46,3	15.50,8	15.58,3

DATES.	OCTOBRE. Féries.	Ép.	NOVEMBRE. Féries.	Ép.	DÉCEMBRE. Féries.	Ép.
1	A S. Remi.	22	D TOUSSAINT...	21	F S. Élol........	20
2	B SS. Anges Gard.	21	E Les Morts......	20	o S. Franç. Xav.	19
3	C S. Denis aréop...	20	F S. Marcel.......	19	A S. Mirocle. ...	18
4	C S. Franç. D'As..	19	G S. Charles, év..	18	B Ste Barbe......	17
5	E S. Constant.	18	A Ste Bertille.....	17	C S. Sabas.	16
6	F S. Bruno.	17	B S. Léonard......	16	D S. Nicolas.....	15
7	G Ste Serge.......	16	C S. Florent......	15	E Ste Fare.......	14
8	A S Démétrius. ...	15	D S. Godofroi.....	14	F Concep. N. D..	13
9	B S. Denis, év....	14	E S. Mathurin.....	13	G Ste Gorgonie...	12
10	C S. Panlin.......	13	F S. Juste..	12	A Ste Valére.....	11
11	D S. Gomer.......	12	o S. Martin.......	11	B S Fuséien.....	10
12	E S. Vilfrid.......	11	A S. René.......	10	C S. Damase....	9
13	F S. Édouard......	10	D S. Brice.	9	D Ste Luce.	8
14	G S. Caliste.	9	C S. Maclou.	8	E S. Nicaise.....	7
15	A Ste Thérèse.....	8	D S. Malo.	7	F S. Mesmin. ...	6
16	B S. Gal..........	7	E S. Edme........	6	G Ste Adélaïde...	5
17	C S. Cerbonney. ..	6	F S. Agnan.	5	A Ste Olimpiade.	4
18	D S. Luc.	5	G Ste Ode........	4	B S. Zozime.	3
19	E S. Savinien.....	4	A Ste Élizabeth....	3	C S. Philile.	2
20	F S. Caprais.	3	B S. Edmond.	2	D S. Philogone ..	1
21	G Ste Ursule......	2	C Prés. N. D.	1	E S. Thomas, ap.	0
22	A S. Mellon.......	1	D Ste Cécile.......	0	F S. Chéromon. .	29
23	B S. Hilarion.	0	E S. Clément	29	G Ste Victoire....	28
24	C S. Magloire.....	29	F S. Séverin, sol...	28	A Ste Irmine.....	27
25	D S. Crépin et Cr..	28	o Ste Catherine. ..	27	B NOEL..	26
26	E S. Rustique.....	27	A Ste Gen. des Ar..	26	C S. Étienne. ...	25
27	F S. Frumence....	26	B S. Maxime.	24*	D S. Jean évang..	24
28	G S. Sim. et Jude.	25	C S. Amédée......	23	E SS. Innocens..	23
29	A S. Faron.	24	D S. Saturnin.....	22	F S. Thom. Cant.	22
30	B S. Lucain.......	23	E S. André.	21	G Ste Colombe...	21
31	C S. Quentin......	22			A S. Silvestre. ..	20

Demi-diamètres du Soleil.

Le 1....... 16′ 1″1	16. 9,4	16′ 15″5
Le 11....... 16. 3,8	16.11,8	16.16,7
Le 21....... 16. 6,6	16.13,8	16.17,5

TABLE I. — Ascensions droites du soleil moyen, *à midi moyen de Paris.*

DATES.	ASC. DR.	N.	DATES.	ASC. DR.	N.	ANS.	CORRECT	N.
0 Janv.	18h38′ 0″03	0	0 Juil.	6h31′36″54	27	1837	+1.45,06	895
5	18.57.42,82	1	5	6.51.19,33	27	38	+0.47,76	949
10	19.17.25,61	1	10	7.11. 2,12	28	39	−0. 9,54	3
15	19.37. 8,39	2	15	7.30.44,91	29	40	+2.49,72	56
20	19.56.51,18	3	20	7.50.27,69	30	41	+1.52,42	110
25	20.16.33,96	4	25	8.10.10,48	30	42	+0.55,12	164
0 Févr.	20.40.13,30	5	0 Août.	8.33.49,81	31	1843	−0. 2,17	218
5	20.59.56,07	5	5	8.53.32,59	32	44	+2.57,08	272
10	21.19.38,85	6	10	9 13.15,37	33	45	+1.59,79	325
15	21.39.21,62	7	15	9.32.58,14	33	46	+1. 2,49	379
20	21.59. 4,39	7	20	9.52.40,92	34	47	+0. 5,19	433
25	22.18.47,16	8	25	10.12.23,69	35	48	+3. 4,45	487
0 Mars.	22.30.36,82	9	0 Sept.	10.36. 3,01	36	1849	+2. 7,15	540
5	22.50.19,58	10	5	10.55.45,77	36	50	+1. 9,85	594
10	23.10. 2,35	11	10	11.15.28,54	37	51	+0.12,55	648
15	23.29.45,11	11	15	11.35.11,30	38	52	+3.11,81	701
20	23.49.27,87	12	20	11.54.54,06	39	53	+2.14,52	755
25	0. 9.10,64	13	25	12.14.36,83	40	54	+1.17,22	809
0 Avril	0.32.49,95	13	0 Oct.	12.34.19.59	40	1855	+0.19,92	863
5	0.52.32,72	14	5	12.54. 2,35	41	56	+3.19,18	916
10	1.12.15,48	15	10	13.13.45,12	42	57	+2.21,88	970
15	1.31.58,25	15	15	13.33.27,88	42	58	+1.24,58	24
20	1.51.41,02	16	20	13.53.10,65	43	59	+0.27,28	78
25	2.11.23,79	17	25	14.12.53,42	44	60	+3.26,53	131
0 Mai.	2.31. 6.56	18	0 Nov.	14.36.32,75	45	1861	+2.29.23	185
5	2.50.49,34	18	5	14.56.15,52	45	62	+1.31,94	239
10	3.10.32,11	19	10	15.15.58,30	46	63	+0.34,65	292
15	3.30.14,90	20	15	15.35.41,08	47	64	+3.33,90	346
20	3.49.57,68	21	20	15.55.23,86	48	65	+2.36,61	400
25	4. 9.40,46	21	25	16.15. 6,64	48	66	+1.39,31	453
0 Juin.	4.33.19,80	22	0 Déc.	16.34.49,43	49	1 j.	+3.56, 56	
5	4.53. 2,59	23	5	16.54.32,22	50	2	7.53,11	
10	5.12.45,38	24	10	17.14.15,01	51	3	11.49,67	
15	5.32.28,17	24	15	17.33.57,80	51	4	15.46,22	
20	5.52.10,96	25	20	17.53.40,59	52	5	19.42,78	
25	6.11.53,75	26	25	18.13.23,38	53	6	23.39,33	

En janvier et février des années bissextiles, au lieu de la date proposée, on prend celle de la veille (par exemple, le 22, au lieu du 23).

TABLE II.

MARCHE DU ⊙ MOYEN EN ASCENSION DROITE EN TEMPS MOYEN ET EN TEMPS SIDÉRAL.

HEURES.			MINUTES.						SECOND.	
	T. moy.	T. sidér.		T. moy.	T. sidér.		T. moy.	T. sidér.	T.m. et sid.	
1ʰ	9″83	9″86	1′	0″16	0″16	31′	5″08	5″09	1	0″00
2	19,66	19,71	2	0,33	0,33	32	5,24	5,26	3	0,01
3	29,49	29,57	3	0,49	0,47	33	5,41	5,42	6	0,02
4	39,32	39.43	4	0,66	0,66	34	5,57	5,59	9	0,03
5	49,15	49,28	5	0,82	0,82	35	5,73	5,75	13	0,04
6	58,98	59,14	6	0,98	0,99	36	5,90	5,91	17	0,05
7	1′ 8,81	1. 9,00	7	1,15	1,15	37	6,06	6,08	20	0,06
8	1.18,64	1.18,85	8	1,31	1,31	38	6,23	6,24	24	0,07
9	1.28.47	1.28,71	9	1,47	1,48	39	6,39	6,41	28	0,08
10	1.38,30	1.38,56	10	1,64	1,64	40	6,55	6,57	31	0,09
11	1.48,13	1.48,42	11	1,80	1,81	41	6,72	6,74	35	0,10
12	1.57,96	1.58,28	12	1,97	1,97	42	6,88	6,90	39	0,11
13	2. 7,78	2. 8,13	13	2,13	2,14	43	7,04	7,06	42	0,12
14	2.17,61	2.17,99	14	2,29	2,30	44	7,21	7,23	46	0,13
15	2.27,44	2.27,82	15	2,46	2,46	45	7,37	7,39	50	0,14
16	2.37,27	2.37,70	16	2,62	2,63	46	7,54	7,56	53	0,15
17	2.47,10	2.47,56	17	2,79	2,79	47	7,70	7,72	57	0,16
18	2.56,93	1.57,42	18	2,95	2,96	48	7,86	7,88	60	0,16
19	3. 6,76	3. 7,27	19	3,11	3,12	49	8,03	8,05		
20	3.16,59	3.17,13	20	3,28	3,29	50	8,19	8,21		
21	3.26,42	3.26,99	21	3,44	3,45	51	8,35	8,38		
22	3.36,25	3.36,84	22	3,60	3,61	52	8,52	8,54		
23	3.46,08	3.46,70	23	3,77	3,78	53	8,68	8,71		
24	3.55,91	3.56,56	24	3,93	3,94	54	8,85	8,87		
25	4. 5,74	4. 6,41	25	4,10	4,11	55	9,01	9,04		
26	4.15,57	4.16,27	26	4,26	4,27	56	9,17	9,20		
27	4.25,40	4.26,13	27	4,42	4,43	57	9,34	9,36		
28	4.35,23	4.35,98	28	4,59	4,60	58	9,50	9,53		
29	4.45,06	4.45,84	29	4,75	4,76	59	9,67	9,69		
30	4.54,89	4.55,69	30	4,92	4,93	60	9,83	9,86		

Une durée de temps sidéral s'exprime en temps moyen, en *retranchant* les nombres de la première colonne (*temps moyen*).

Une durée de temps moyen s'exprime en temps sidéral en *ajoutant* les nombres de la deuxième colonne (*temps sidéral.*)

III. TABLE DU SOLEIL.

ÉPOQUE. *Minuit, temps moyen de Paris, qui sépare le* 31 *déc. du* 1[er] *janvier.* Voyez *page* 454.

ANNÉES.		LONGIT. MOY.	ANOMAL. MOY.	ASC. DR. MOY.	N.
	En 1801	9s.10° 9′ 19″35	0s 0° 38′ 17″	18h40′ 37″29	961
Mouv. pour	1 an de 365j	−14.19,55	−15.21,3	−57,30	54
	1 an de 366j	+44.48,78	+43.46,9	+2.59,25	54
	4 ans de 1461j	+ 1.50,12	− 2.16,9	+ 7,34	214,9
	100 ans grég	−13.15,3	−1.56.11,1	−53,02	373
	1 jour	0°,98564722	0°,98560025	236″555329	0,147
	1836	0s 9° 41′ 1″5	11s29°33′58″	18h38′ 44″11	842
	1837	9.10.25.50,4	0. 0.17.45	18.41.43,36	895
	1838	9.10.11.30,9	0. 0. 2.24	18.40.46,06	949
	1839	9. 9.57.11,3	11.29.47. 3	18.39.48,75	003
	1840	9. 9.42.51,8	11.29.31.42	18.38.41,45	056
	1841	9.10.27.40,5	0. 0.15.29	18.41.50,70	110
	1842	9.10.13.21,0	0. 0. 0. 8	18.40.53,40	164
	1843	9. 9.59. 1,5	11.29.44.47	18.39.56,10	218
	1844	9. 9.44.42,0	11.29.29.26	18.38.38,58	272

TABLE IV. — LONGITUDES ET LATITUDES

des principales Étoiles au 1[er] *janvier* 1830.

ÉTOILES.	LONGITUDES.	VAR. ANN.	LATITUDES.	VAR. ANN.
α Bélier	1s 5° 17′ 4″9	50″271	+ 9°57′ 39″3	+0″161
Aldébaran	2. 7.24.43,3	50,208	− 5.28.41,3	+0,335
Chèvre	2.19 28.54,8	50,300	+22.51.44,9	−0,052
Polaire	2.26.11.20,5	47,957	+66. 4.54,0	+0,552
Sirius	3.11.44.18,0	49,486	−39.34. 1,1	−0,319
Canopus	3.12.36.46,0	49,364	−75.50.53,0	−0,459
Pollux	3.20.52. 7,0	49,500	+ 6.40.17,7	+0,255
Régulus	4.27.27.53,8	49,944	+ 0.27.36,1	+0,220
L'Epi	6.21.28. 8,4	50,083	− 2 2.28,0	−0,171
Arcturus	6.21.51.37,6	50,709	+30.51.15,4	+0,214
Antarès	8. 7.23.24,0	50,118	− 4.32.47,4	−0,424
Atair	9.29.20.38,0	50,793	+29.18.36,5	+0,080
Fomalhaut	11. 1.27 56,1	50,593	−21. 6.47,6	−0,213
Acharnar	11.12.53.41,9	50,344	−17. 6.18,1	+0,083
α Pégase	11.21. 7. 3,6	50,110	+19.24.39,9	+0,098

T. V. — NUTATION LUNAIRE.

N.	Æ +	LONGIT. +	OBLIQ. ±	N.	Æ −	LONG. −	OBLIQ. ∓
0	0"00	0"00	+9"16	500	0"00	0"00	−9"34
10	0,07	1,04	9,14	510	0,07	1,09	9,32
20	0,14	2,12	9,09	520	0,13	2,22	9,26
30	0,20	3,16	9,00	530	0,19	2,32	9,17
40	0,27	4,20	8,88	540	0,26	4,40	9,04
50	0,33	5,22	8,72	550	0,32	5,47	8,87
60	0,40	6,23	8,53	560	0,38	6,51	8,67
70	0,46	7,20	8,31	570	0,44	7,52	8,43
80	0,52	8,16	8,06	580	0,50	8,51	8,15
90	0,58	9.08	7,77	590	0,56	9,46	7,85
100	0,63	9,97	7,46	600	0,61	10,37	7,51
110	0,69	10,82	7.11	610	0,66	11,23	7,14
120	0,74	11,63	6,74	620	0,71	12,05	6,75
130	0,78	12,40	6,34	630	0,76	12,82	6,33
140	0,83	13,12	6,91	640	0,80	13,53	5,88
150	0,87	13,80	5,46	650	0,84	14,19	5,41
160	0,91	14,42	4,99	660	0,88	14,79	4,92
170	0,94	14.98	4,50	670	0,91	15,33	4,41
180	0,97	15,49	4,00	680	0,95	15,81	3,88
190	0,99	15,94	3,47	690	0,98	16,23	3,34
200	1,01	16,33	2,93	700	1,00	16,57	2,79
210	1,03	16,65	2,38	710	1,02	16,85	2,22
220	1,04	16,91	1,82	720	1,03	17,07	1,65
230	1,05	17,11	1,25	730	1,05	17,21	1,07
240	1.06	17,24	0,67	740	1,05	17,29	−0,49
250	1,06	17,30	+0,09	750	1,06	17,30	+0,09
260	1,06	17,29	−0,49	760	1,05	17,24	0,67
270	1,05	17,21	1,07	770	1,05	17,11	1,25
280	1,04	17,07	1,65	780	1,03	16,91	1,82
290	1,03	16,85	2,22	790	1,02	16,65	2,38
300	1,01	16,57	2,79	800	1,00	16,33	2,93
310	0,99	16,23	3,34	810	0,98	15,94	3,47
320	0,97	15,81	3,88	820	0,95	15,40	4,00
330	0,94	15,33	4,41	830	0,92	14,98	4,50
340	0,91	14,79	4,92	840	0,88	14,42	4.99
350	0,87	14,19	5,41	850	0,84	13,80	5,46
360	0,83	13,53	5,88	860	0,80	13,12	5,91
370	0,78	12,82	6,33	870	0,76	12,40	6,34
380	0,74	12,05	6,75	880	0,71	11,63	6,74
390	0,69	11,23	6,14	890	0,66	10,82	7.11
400	0,63	10,37	7,51	900	0,61	9,97	7,46
410	0,58	9,46	7,85	910	0.56	9,08	7,77
420	0,52	8,51	8,15	920	0,50	8,16	8,06
430	0,46	7,52	8,43	930	0,44	7,20	8,31
440	0,40	6,51	8,67	940	0,38	6,23	8,53
450	0,33	5,47	8,87	950	0,32	5,22	8,72
460	0,27	4,40	9,04	960	0,26	4,20	8,88
470	0,20	3,32	9,17	970	0.19	3,16	9,00
480	0,14	2,22	9,26	980	0,13	2,12	9.09
490	0,07	1,09	9.32	990	0,07	1,04	9.14
500	0,00	0,00	−9,34	1000	0,00	0,00	+9,16

T. VI. — NUTAT. SOLAIRE.

DATES.	LONG.	OBLIQ.
Janv.		
1	+0"47	−0"50
11	0,85	0,40
21	1,12	0,24
31	1,25	−0,06
Févr.		
10	1,22	+0,13
20	1,05	0,30
Mars.*		
2	0,74	0,44
12	+0,35	0,52
22	−0,08	0,54
Avril.		
1	0,50	0,50
11	0,85	0,30
21	1,11	0,25
Mai.		
1	1,24	+0,08
11	1,23	−0,11
21	1,08	0,27
31	0,81	0,41
Juin.		
10	0,45	0,51
20	−0,05	0,55
30	+0,37	0 52
Juil.		
10	0,74	0,44
20	1,03	0,31
30	1,21	−0,15
Août.		
9	1,25	+0.04
19	1,16	0,36
29	0,93	0,36
Sept.		
8	0,60	0,47
18	+0,20	0,54
28	−0,23	0,54
Oct.		
8	0,63	0,47
18	0,96	0,35
28	1,18	0,19
Nov.		
7	1,25	+0,00
17	1,18	−0,19
27	0,96	0,36
Déc.		
7	0,60	0,47
17	−0,20	0,54
27	+0.25	0,53
37	+0,66	−0,47

* Dans les années bissextiles, il faut prendre la date la veille du jour proposé, à partir du 1[er] mars jusqu'à la fin de l'année.

VII. Table d'équation du centre. Argument. *Anom. moyenne.*

Ano.	M	N	Ano.	Ano.	M	N	Ano.
0°	0' 0"0	0"0	180	4	1°21'37.7	1' 12"7	135
1	2. 0,9	2,5	179	46	1.23. 2,4	1.12,6	134
2	4. 1,7	5,1	178	47	1.24.25,6	1.12,5	133
3	6. 2,5	7,6	177	48	1.25.47,3	1.12,3	132
4	8. 3,2	10,1	176	49	1.27. 7,4	1.12,0	131
5	10. 3,7	12,6	175	50	1.28.25,9	1.11,6	130
6	12. 4,0	15,1	174	51	1.29.42,8	1.11,1	129
7	14. 4,1	17,6	173	52	1.30.58,0	1.10,5	128
8	16. 4,0	20,0	172	53	1.32.11,6	1. 9,9	127
9	18. 3,5	22,5	171	54	1.33.23,5	1. 9,1	126
10	20. 2,8	24,9	170	55	1.34.33,7	1 8,3	125
11	22. 1,6	27,2	169	56	1.35.42,2	1. 7,4	124
12	24. 0,1	29,6	168	57	1.36.48,9	1. 6,4	123
13	25.58,1	31,9	167	58	1.37.53,9	1. 5,3	122
14	27.55,6	34,1	166	59	1.38.57,0	1. 4,2	121
15	29.52,7	36,3	165	60	1.39.58,4	1. 2,9	120
16	31.49,3	38,5	164	61	1.40.57,9	1. 1,6	119
17	33.45,1	40,6	163	62	1.41.55,6	1. 0,3	118
18	35.40,4	42,7	162	63	1.42.51,4	0.58,8	117
19	37.35,0	44,8	161	64	1.43.45,4	57,3	116
20	39.29,0	46,7	160	65	1.44.37,4	55,7	115
21	41.22,2	48,6	159	66	1.45.27,5	54,0	114
22	43.14,7	50,5	158	67	1.46.15,7	52,3	113
23	45. 6,3	52,3	157	68	1.47. 2,0	50,5	112
24	46.57,2	54,0	156	69	1.47.46,3	48,6	111
25	48.47,2	55,7	155	70	1.48.28,6	46,7	110
26	50.36,3	57,3	154	71	1.49. 9,0	44,8	109
27	52.24,5	58,8	153	72	1.49.47,4	42,7	108
28	54.11,7	60,3	152	73	1.50.23,7	40,6	107
29	55.58,0	61,6	151	74	1.50.58,0	38,5	106
30	57.43,2	62,9	150	75	1.51.30,3	36,3	105
31	59.27,3	64,2	149	76	1.52. 0,6	34,1	104
32	61.10,4	65,3	148	77	1.52.28,8	31,9	103
33	62.52,4	66,4	147	78	1.52.55,0	29,6	102
34	64.33,2	67,4	146	79	1.53.19,1	27,2	101
35	66.12,8	68,3	145	80	1.53.41,1	24,9	100
36	67.51,2	69,1	144	81	1.54. 1,1	22,5	99
37	69.28,4	69,9	143	82	1.54.18,9	20,0	98
38	71. 4,3	70,5	142	83	1.54.34,7	17,6	97
39	72.38,9	71,1	141	84	1.54.48,4	15,1	96
40	74.12,2	71,6	140	85	1.55. 0,0	12,6	95
41	75.44,1	72,0	139	86	1.55. 9,5	10,1	94
42	77.14,6	72,3	138	87	1.55.16,9	7,6	93
43	78.43,8	72,5	137	88	1.55.22,1	5,1	92
44	80.11,5	72,6	136	89	1.55.25,0	2,5	91
45	81.37,7	72,7	135	90	1.55.26,4	0,0	90

Quand l'anomalie moyenne surpasse 6^s ou 180°, on en retranche cet arc. L'équation du centre est la somme des deux nombres des colonnes M et N : mais M est négatif quand l'anomalie surpasse 6^s, et N prend le signe — quand cet arc est de 90° à 180°, ou de 270° à 360°.

TABLE VIII. — Équation du temps,

ou temps moyen à midi vrai, en 1838.

DATES.	Janv.	Févr.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juill.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
	+	+10′	+10′	+	−3′	−	+	+	−	−10′	−10′	−
1	3′50″3	3′55″2	2′39″2	4′ 1″6	2″2	2′35″9	3′21″8	6′ 1″1	0′ 3″7	0′14″1	6′14″8	10′47″5
2	4.18,6	4. 2,7	2.27,1	3.43,4	9,7	2.26,9	3.33,3	5.57,5	0.22,5	0.33,2	6.15,8	10.24,7
3	4.46,5	4. 9,5	2.14,5	3.25,3	16,7	2.17,5	3.44,6	5.53,2	0.41,7	0.51,9	6.16,2	10. 1,3
4	5.14,0	4.15,3	2. 1,4	3. 7,3	23,1	2. 7,8	3.55,5	5.48,4	1. 1,1	1.10,3	6.15,8	9.37,3
5	5.41,1	4.20,4	1.47,8	2.49,5	29,0	1.57,7	4. 6,2	5.42,9	1.20,7	1.28,4	6.14,4	9.12,7
6	6. 7,8	4.24,6	1.33,8	2.31,8	34,4	1.47,3	4.16,5	5.36,8	1.40,6	1.46,0	6.12,3	8.47,5
7	6.33,9	4.28,0	1.19,3	2.14,3	39,2	1.36,6	4.26,4	5.30,1	2. 0,7	2. 3,3	6. 9,3	8.21,8
8	6.59,5	4.30,6	1. 4,4	1.57,0	43,4	1.25,6	4.36,0	5.22,9	2.21,0	2.20,2	6. 5,4	7.55,6
9	7.24,6	4.32,4	0.49,1	1.39,9	47,0	1.14,4	4.45,2	5.15,1	2.41,4	2.36,6	6. 0,7	7.28,9
10	7.49,1	4.33,4	0.33,5	1.23,1	50,1	1. 2,8	4.53,9	5. 6,6	3. 2,0	2.52,6	5.55,0	7. 1,7
11	8.13,1	4.33,7	0.17,5	1. 6,6	52,7	0.51,0	5. 2,3	4.57,7	3.22,6	3. 8,1	5.48,6	6.34,1
12	8.36,4	4.33,1	0. 1,2	0.50,4	54,6	0.39,0	5.10,3	4.48,2	3.43,4	3.23,1	5.41,3	6. 6,1
13	8.59,2	4.31,8	9.44,6	0.34,4	55,9	0.26,8	5.17,8	4.38,2	4. 4,3	3.37,5	5.33,1	5.37,7
14	9.21,4	4.29,8	9.27,8	0.18,8	56,7	0.14,4	5.24,9	4.27,6	4.25,2	3.51,5	5.24,1	5. 9,0
15	9.42,9	4.27,0	9.10,7	0. 3,6	56,9	0. 1,8	5.31,5	4.16,5	4.46,2	4. 4,9	5.14,2	4.40,0
16	0. 3,7	4.23,5	8.53,3	0.11,2	56,4	0.11,	5.37,7	4. 4,9	5. 7,2	4.17,7	5. 3,5	4.10,7
17	0.23,9	4.19,4	8.35,8	0.25,8	55,4	0.23,8	5.43,4	3.52,8	5.28,2	4.29,9	4.51,9	3.41,3
18	0.43,3	4.14,5	8.18,1	0.39,9	53,8	0.36,8	5.48,5	3.40,2	5.49,3	4.41,6	4.39,5	3.11,6
19	1. 2,0	4. 9,0	8. 0,2	0.53,6	51,6	0.49,8	5.53,2	3.27,1	6.10,3	4.52,6	4.26,2	2.41,8
20	1.20,0	4. 2,7	7.42,2	1. 6,9	48,9	1. 2,9	5.57,3	3.13,5	6.31,2	5. 3,0	4.12,1	2.11,8
21	1.37,3	3.55,9	7.24,0	1.19,7	45,6	1.16,0	6. 0,9	2.59,5	6.52,1	5.12,8	3.57,3	1.41,8
22	1.53,8	3.48,4	7. 5,8	1.32,1	41,7	1.29,1	6. 3,9	2.44,9	7.13,0	5.22,0	3.41,6	1.11,8
23	2. 9,6	3.40,3	6.47,5	1.44,0	37,3	1.42,1	6. 6,3	2.29,9	7.33,7	5.30,4	3.25,2	0.41,7
24	2.24,6	3.31,6	6.29,1	1.55,5	32,4	1.55,1	6. 8,1	2.14,4	7.54,4	5.38,2	3. 8,0	0.11,7
25	2.38,8	3.22,2	6.10,7	2. 6,5	26,9	2. 8,0	6. 9,4	1.58,5	8.14,9	5.45,3	2.50,1	0.18,2
26	2.52,2	3.12,3	5.52,2	2.17,0	21,0	2.20,7	6.10,0	1.42,2	8.35,2	5.51,7	2.31,4	0.48,1
27	3. 4,7	3. 1,8	5.33,7	2.27,0	14,6	2.33,4	6.10,1	1.25,5	8.55,4	5.57,4	2.12,0	1.17,8
28	3.16,5	2.50,8	5.15,2	2.36,6	7,7	2.45,8	6. 0,5	1. 8,4	9.15,4	6. 2,4	1.51,9	1.47,3
29	3.27,5		4.56,8	2.45,6	0,4	2.58,0	6. 8,4	0.50,9	9.35,2	6. 6,6	1.31,1	2.16,6
30	3.37,5		4.38,3	2.54,2	52,7	3.10,1	6. 6,6	0.33,1	9.54,8	6.10,1	1. 9,6	2.45,7
31	2.46,7		4.20,0		44,5		6. 4,2	0.14,9		6.12,8		3.14,5
	+10	+10′	+	−	−2′	+	+	+	−	−10′	−10′	+
DATES.	Janv.	Févr.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juill.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.

IX. Table de la lune.

Époque : *Minuit, temps moyen de Paris, qui sépare le* 31 *décembre du* 1[er] *janvier.* (*Voy.* page 465.)

Années.	Long. moy.	Anom. moy.	Long. ☊
1801	$3^{s}21^{\circ}36'42,8$	$6^{s}25^{\circ}30'14''0$	$0^{s}13^{\circ}54'54''3$
Mouv. pour 1 an, 365^{j}	4. 9.23. 4,9	2.28.43.19,5	—19.19.43,4
Mouv. pour 1 an 366^{j}. ...	4.22.33.39,9	3.11.47.13,3	—19.22.52,7
Mouv. pour 4 ans, 1461^{j}. ...	5.20.42.54,47	0. 7.57.13,04	—77.21.59,67
Mouv. pour 100 ans.	9.24.42. 8,2	6. 5.45.23,8	—3',16864
Mouv. pour 1 jour	$13^{\circ},176396$	13,064992	—4.14. 8.31,4
1837.	$6^{s}28^{\circ}2'53''0$	$9^{s}7^{\circ}5'10''1$	$1^{s}7^{\circ}36'55''1$
38.	11. 7.25.57,9	0. 5.48.30,2	0.18.17.12,8
39.	3.16.49. 2,8	3. 4.31.50,4	11.28.57.30,4
40.	7.26.12. 7,7	6. 3.15.10,5	11. 9.37.48,0
41.	0.18.45.47,6	9.15. 2.21,9	10.20.14.55,3
42.	4.28. 8.52,5	0.13.45.41,4	10. 0.55.12,9
43.	9. 7.31.57,4	3.12.29. 0,9	0.11.35.30,5
44.	1.16.55. 2,0	6.11.12.20,4	8.22.15.48,2

X. Table des syzygies.

Le jour commence à minuit. (*Voy.* page 466.)

Ans.	Cent. moyenne.	Révolutions ☾.		Dates annuelles.	
1836	$18^{j}13^{h}41'1$	*Quart*...	$7^{j}9^{h}11'0$	Janvier.	0
40	4.13.39,4	*Demie*...	14.18.22,0	Février.	31
44	20. 2.21,8	1.....	29.12.44,0	Mars..............	59
48	6. 2.20,1	2.....	59. 1.28,1	Avril..............	90
52	21.15. 2,5	3.....	88.14.12,1	Mai...............	120
56	7.15. 0,8	4.....	118. 2.56,2	Juin..............	151
60	23. 3.43,3	5.....	147.15.40,2	Juillet............	181
64	9. 3.41,5	6.....	177. 4.24,3	Août..............	212
68	24.16.24,0	7.....	206.17. 8,3	Septembre.........	243
72	10.16.22,2	8.....	236. 5.52,4	Octobre...........	273
76	26. 5. 4,6	9.....	265.18.36,4	Novembre.	304
1880	12. 5. 3,0	10.....	295. 7.20,5	Décembre.	334
		11.....	324.20. 4,5	*Ajoutez 1 aux 10 derniers mois des années bissextiles.*	
1 an	$17^{j}21^{h}32'6$	12.....	354. 8.48,6		
2 ans	7. 6.21,2	13.....	383.21.32,6		
3 ans	26. 3.53,8				
4 ans	15.12.42,4				

XI. — Catalogue d'étoiles.

ÉTOILES.	Asc. droite en temps.	Variation annuelle.	DÉCLINAISON.	Variation annuelle.
γ *Algenib*. ... 2.2	0h 4′ 29″ 36	+ 3,075	+14° 14′ 18″ 11	+20,039
α *Polaire*. ... 2.3	0.59.30,76	15,478	+88.24. 8,82	+19,371
β Andromède 2	1. 0.13,67	3,309	+34.43. 3,68	+19,355
α *Acharnar*... 1	1.31.22,04	2,235	−58. 6.12,12	+18,471
α Bélier...... 3	1.57.36,12	3,342	+22.39.18,46	+17,161
α Baleine. ... 2.3	2.53.23,90	3,123	+ 3.25. 5,05	+14,575
α Persée. 2.3	3.12.13,33	4,221	+49.14.56,88	+13,397
Aldébaran.. 1	4.26.10,09	3,423	+16. 9.40,31	+ 7,979
La Chèvre.. 1	5.4. 8, 31	4,402	+45.48.52,30	+ 4,837
β *Rigel*. 1	5. 6.22,13	2,876	− 8.24.14,69	+ 4,647
β Taureau. .. 2	5.15.32,97	3,779	+28.27.17,96	+ 3,863
γ Orion...... 2	5.16. 1,00	3,210	+ 6.11.17.10	+ 3,823
α Colombe... 2	5.33.29,48	2,167	−34.10.10,19	+ 2,313
α Orion...... 1	5.45.58,18	3,241	+ 7.22. 4,13	+ 1,226
Canopus.... 1	6 20 10,58	1,327	−52.36.27,50	− 1,762
Sirius. 1	6.37.39,27	2,643	−16.29.18,74	− 4,418
α *Castor*. 2.3	7.23.44,29	3,856	+32.15.10,87	− 7,161
Procyon.... 1.2	7.30.23,85	3,143	+ 5.39.19,89	− 8,682
β *Pollux*..... 2	7.34.53,78	3,682	+28.25.45,27	− 8,064
α Hydre. 2	9.19.13,69	2,948	− 7.55.30,78	−15,310
α *Régulus*. ... 1	9.59.18,29	3,221	+12.47.44,83	−17,327
α Gr. Ourse.. 1.2	10.53. 9,76	3,811	+62.39.59,94	−19,196
β Lion. 2.3	11.40.22,77	3,064	+15.31.24,30	−19,969
β Vierge..... 3.4	11.41.50,18	3,124	+ 2.43.22,36	−19,980
γ Gr. Ourse.. 2	11.44.50,83	3,192	+54.38.21,73	−19,999
α2 Croix A... 2	12.17.11,10	3,258	−62. 9.28,00	−19,986
α *Épi*........ 1	13.16.14,71	3,147	−10.16.13,13	−18,944
θ Centaure... 2	13.56.43,09	3,491	−35.31.46,94	−17,499
α Dragon. ... 3.4	13.59.46,57	1,625	+65.11.25,82	−17,367
Arcturus. . 1	14. 7.54,29	2,731	+20. 4.19,19	−18,962
α2 Centaure.. 1	14.28.13,66	4,470	−60. 7.31,12	−15,995
α2 Balance... 3	14.41.29,30	+ 3,305	−15.19.43.73	−15,270
β Pet. Ourse. 3	14.51.17,30	− 0,286	+74.50.54,87	−14,701
γ2 Pet.Ourse. 3.4	15.21. 3,12	− 0,179	+72.26.22,22	−12,813
α Cour. Bor.. 2	15.27.29,10	+ 2,526	+27.17.35,27	−12,375
α Serpent.... 2.3	15.35.53,90	2,936	+ 6.58. 1,03	−11,788
β Scorpion... 2	15.55.33,99	3,469	−19.19.53,52	−10,355
α *Antarès*.... 1	16.19, 0,03	3,659	−26. 2.44,15	− 8,550
α Hercule.... 3.4	17. 6.53,56	2,729	+14.35.31,51	− 4,603
α Ophiucus... 2	17.27. 2,43	+ 2,770	+12,41.31,36	− 2,872
δ Pet. Ourse. 3	18.27. 5,13	−19,167	+86.35. 5,70	+ 2,363
Wega...... 1	18.31.10,77	+ 2,010	+38.37.50,34	+ 2,718
Atair. 1.2	19.42.29,19	2,924	+ 8.25.37,19	+ 8,667
α2 Capricorn. 3	20. 8.36,98	3,331	−13. 3.49,43	+10,667
α Cygne. 1	20.35.37,89	2,040	+44.40.37,75	+12,588
α Verseau.... 3	21.57. 2,88	3,802	− 1. 8.28,69	+17,227
Fomalhaut. 1	22.48.14,34	3,311	−30.31.13,88	+19,068
β *Scheat* 2	22.55.32,37	2,878	+27. 9.49,11	+19,255
α *Markab*. ... 2	22.56.17,71	2,975	+14.17.36,66	+19,273
α Andromède. 1	23.59.36,59	3,067	+28. 9. 6,65	+20,043

TABLE XII. — Pour trouver l'heure de la haute mer.

Argumens. *Parallaxe horizontale de la Lune et heure de son passage au méridien.*

☾ pass. méridien.	☾ *périgée*, par 60'	Parall. 61″	Parall. 59'	Parall. 58'	☾ *moy. dist.* par 57'	Parall. 56'	Parall. 56'	☾ *apogée*. par 54'
12h ou 0h	- 3'7	- 2'8	- 1'0	- 1'0	- 0'0	+ 1'8	+ 3'7	+ 5'6
20'	- 8,2	- 7,5	- 6,8	- 6,1	- 5,4	- 4,0	- 2,6	- 1,1
40'	-12,6	-12,2	-11,7	-11,2	- 10,7	- 9,7	- 8,7	- 7,8
13h ou 1h	-17,5	-17,3	-17,0	-16,8	- 16,6	-16,1	-15,6	-15,1
20'	-22,3	-22,3	-22,3	-22,3	- 22,3	-22,3	-22,3	-22,3
40'	-27,0	-27,4	-27,5	-27,8	- 28,0	-28,5	-28,9	-29,4
14h ou 2h	-31,9	-32,4	-32,8	-33,3	- 33,8	-34,8	-35,7	-36,7
20'	-36,3	-37,1	-37,8	- 38,5	- 39,2	-40,6	-42,0	-43,4
40'	-40,8	-41,8	-42,7	-43,6	- 44,5	-46,3	-48,2	-50,1
15h ou 3h	-45,1	-46,3	-47,4	-48,6	- 49,7	-52,0	-54,2	-56,5
20'	-49,2	-50,6	-51,9	-53,2	- 54,5	-57,2	-59,9	-62,6
40'	-52,8	-54,3	-55,8	-57,4	- 58,9	-61,9	-64,9	-68, 0
16h ou 4h	-56,0	-57,7	-59,3	-61,0	- 62,7	-66,0	-69,4	-72,8
20'	-58,6	-60,8	-62,2	-64,1	- 65,9	-69,5	-73,1	-76,8
40'	-60,5	-66,4	-64,3	-66,2	- 68,2	-72,0	-75,8	-79,6
17h ou 5h	-61,5	-63,5	-65,5	-67,4	- 69,4	-73,3	-77,2	-81,1
20'	-61,3	-63,3	-65,2	-67,2	- 69,1	-73,0	-76,9	-80,8
40'	-58,1	-59,9	-61,7	-63,5	- 65,3	-68,9	-72,5	-76,1
18h ou 6h	-56,2	-57,9	-59,6	-61,3	- 62,9	-66,3	-69,7	-73,1
20'	-48,6	-49,9	-51,2	-52,6	- 53,9	-56,5	-59,2	-61,8
40'	-42,9	-43,9	-44,9	-46,0	- 47,0	-49,0	-51,1	-53,2
19h ou 7h	-32,1	-32,6	-33,1	-33,6	- 34,0	-35,0	-36,0	-37,0
20'	-22,3	-22,3	-22,3	-22,3	- 22,3	-22,3	-22,3	-22,3
40'	-12,5	-12,0	-11,5	-11,0	- 10,5	- 9,5	- 8,5	- 7,6
20h ou 8h	- 1,7	- 0,7	+ 0,4	+ 1,5	+ 2,5	+ 4,5	+ 6,5	+ 8,6
20'	+ 4,1	+ 5,4	+ 6,7	+ 8,0	+ 9,3	+12,0	+14,6	+17,3
40'	+11,6	+13,3	+15,0	+16,7	+ 18,4	+21,8	+25,2	+28,6
21h ou 9h	+13,6	+15.4	+17,2	+19,0	+ 20,7	+24,3	+27,9	+31,5
20'	+16,8	+18,8	+20,7	+22,6	+ 24,5	+28,5	+32,4	+36,3
40'	+17,0	+18,9	+20,9	+22,8	+ 24,8	+28,7	+32,6	+36,6
22h ou 10h	+16,0	+17,9	+19,8	+21,7	+ 23,6	+27,4	+31,2	+35,1
20'	+14,1	+15,9	+17,7	+19,5	+ 21,3	+24,8	+28,4	+32,2
40'	+11,4	+13,1	+14,8	+16,5	+ 18,2	+21,5	+24,9	+28,3
23h ou 11h	+ 8,2	+ 9,8	-11,3	+12,8	+ 14,3	+17,3	+20,4	+23,5
20'	+ 4,6	+ 6,0	+ 7,3	+ 8,7	+ 10,0	+12,7	+15,4	+18,1
40'	+ 0'6	+ 1,7	+ 2,8	+ 4,0	+ 5,1	+ 7,4	+ 9,7	+12,0
24h ou 12h	- 3,7	- 2,8	- 1,9	- 1,0	0,0	+ 1,8	+ 3,7	+ 5,6

XIII. — Élémens planétaires.

1°. *Distances et excentricités.*

PLANÈTES.	Distances moyennes au soleil.			Excentricités en 1801.	Variations sécul. du l'excentricité.
	En rayons terrestres.	En lieues.	Exactement.		
☿ Mercure.	9 284	13 304 201	0,387 0981	0,205 514 94	+0,000 003 867
♀ Venus ..	17 348	23 860 236	0,723 3316	0,006 860 71	−0,000 062 711
♁ Terre. ..	23 984	34 369 072	1,	0,016 853 18	−0,000 041 632
♂ Mars....	36 544	52 367 890	1,523 6923	0,093 307 00	+0,000 090 176
⚳ Cérès. ..	66 370	95 107 643	2,767 245	0,078 439	−0,000 005 83
♃ Jupiter..	124 783	178 814 598	5,202 776	0,048 162 10	+0,000 159 350
♄ Saturne.	228 778	327 839 226	9,538 7861	0,056 150 50	−0,000 312 402
♅ Uranus.	460 070	659 280 941	19,182 390	0,046 610 80	−0,000 025 072
☾ Lune....	Dis. m. à la Ter. en ray. ter.		59,964 350	0,054 844 2	0,000 000 00

2°. *Volumes, Masses, Gravités, Parallaxes.*

ASTRES.	Volumes.	Masses.	Densités.	Poids.	Chute en 1″.	Paral. annu.
☉ Soleil...	1 384 472	354 936	0,2543	27,9	314,pi.	180°′
☿ Mercure.	0,063	0,17526	2,782	1,03	15,55	126.14′
♀ Vénus. .	0,927	0,8745	0,9434	0,98	14,80	139. 9
♁ Terre. ..	1	1,0000	1	1	4,908	» »
☾ Lune....	0,0204	0,0125	0,615	0,167	2,52	27. 1
♂ Mars....	0,1386	0,1394	0,1293	0,33	5,03	18. 6
♃ Jupiter..	1280,9	331,5609	0,2589	2,716	36,45	9.59
♄ Saturne.	995,0	101,0638	0,1016	1,01	15,25	5.42
♅ Uranus .	70,8	19,8089	0,2797	0,95	14,36	2.55

3°. *Diamètres, rotation.*

ASTRES.	Diam. vus de la terre			Vus à la dis. du ☉.	En lieues.	Rapports exacts.	Temps sid. de la rotation
	Plus petit.	Distance moyenn.	Plus grand.				
☉ Soleil...	1891″0	1922″9	1955″6	32′ 33″	319 360	111,454	25/ ,5
☿ Mercure.	5,0	6,9	12,0	6,9	1 140	0,398	1,0038
♀ Vénus...	9,6	16,9	61,2	18,8	2 791	0,975	0,9730
♁ Terre...	»	»	»	17,2	2 865,4	1	0,99727
☾ Lune. ..	1761,9	1867,0	2011,07	4,7	782	0,2728	27,32158
♂ Mars....	3,6	6,29	18,28	9,6	1 481	0,517	1,02733
♃ Jupiter..	30,0	36,74	45,88	3′ .22	31 118	10,860	0,41377
♄ Saturne..	»	16,20	»	2 .46	28 602	9,981	0,437
♅ Uranus .	»	4,0	»	1 .14	12 215	4,263	inconnu.

Digitized by Google

Suite de la Table XIII. — 4°. *Révolutions.*

ASTRES.	REVOLUTIONS. Sidérales.	REVOLUTIONS. Synodique.	ESPACE DECRIT. Arc en 10 j.	ESPACE DECRIT. lieues en 1″	MOUV. SIDÉRAL EN 1 AN. Périhélie.	MOUV. SIDÉRAL EN 1 AN. ☊
☿	87j969 2580	115j8774	40°923	653	+ 5″84	— 7″82
♀	224,700 7869	583,9209	16,021	485	— 2,68	— 17,6
♁	365,256 3835	»	9,856	412	— 11,66	»
♂	686,979 6458	779,9364	5,240	329	+ 15,80	— 23,3
⚳	1681,393 1	466,6227	2,708	252	+ 61,30	— 0,44
♃	4332,844 8212	398,8846	49.854	178	+ 6,96	— 15,8
♄	10759,219 8174	378,0919	20,076	132	+ 19,40	— 19,4
♅	30686,820 8296	369,6563	7,038	93	+ 52,50	+ 14,16
☾	27,321 5824	29,53059	»	14	+ 40°41′ 26″	— 19°20′29

5°. Longitudes, etc.,

à minuit, qui commence l'an 1801, temps moyen à Paris.

	Longit. moy.	Périhélie.	☊	Inclin.	Variat. sécul.
☿	163°56′27″0	74°21′47″	45°57′30″9	7° 0′ 9″1	+ 18″1829
♀	10.44.21,6	128.43.53	74.54.12,9	3.23.28,5	— 4,5522
♁	100. 9.12,7	99.30. 5	»	»	»
♂	64. 6.59,9	332.23.57	48. 0. 3,5	1.51. 6	— 0,1523
♃	112.12.51,3	11. 8.34	98.26.18,9	1.18.51,3	— 22,6087
♄	135.19. 5,5	89. 9.30	111.56.37,4	2.29.35,7	— 15,5131
♅	177.48. 1,1	167.33. 6	72.59.35,3	0.46.28,4	+ 3,1331
☾	111.36.42,8	266. 6.36	13.54.54,0	5. 8.47,9	

	6°. Mouv. en longit. mov. En 365 j.	En 4 ans.	En 1 jour	Mouv. du périh. En 1 an	En 1 j.	Mouvement du ☊ En 1 an	En 1 jour.
☿	53°43′ 3″1	218°970 516	4°092377	0′9322	0″1534	0′7044	0″1159
♁	224.47.29,7	180,768 485	1,602169	0,7830	0,1287	0,5110	0,0839
♀	—0.14.19,6	0,030 501	0,985647	1,0315	0,1696	»	»
♂	191.17. 9,1	45,667 487	0,524071	1,0971	0,1804	0,4167	0,0685
♃	30.20.31,7	121,451 700	0,083129	0,9459	0,1555	0,5718	0,0940
♄	12.13.37,1	48,941 389	0,033409	1,1568	0,1901	0,5112	0,0839
♅	4.17.45,1	17,194 268	0,011766	0,8744	0,1436	0,2358	0,0389
☾	129.23. 4,9	170,715 151	13,176396	40°66272	6′6843	-19°3287	-3′17732

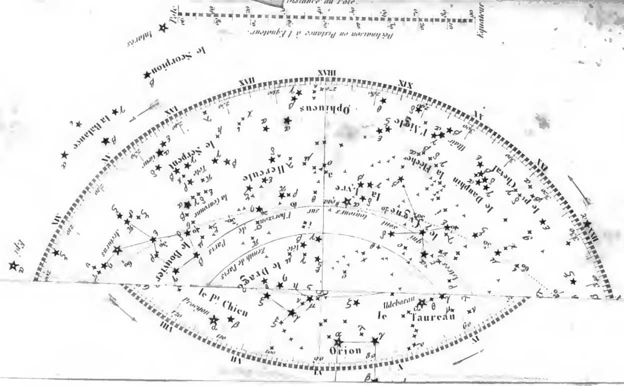
SATELLITES DE JUPITER.

Distances a ♃.		Temps des révolutions.	Durée de l'éclipse.	Masses.	Inclin. des orbes.
1er sat.	6,04853	1j769137 788148	2h15′44″	1,73281	0″
2e.	6,62347	3,551181 017849	2 52 6	2,32355	6″4
3e.	15,35024	7,154552 783970	3 33 40	8,84972	5′ 1″6
4e.	26,99835	16,688769 707084	4 44 50	4,26591	24′ 33″1

L'unité de longueur est le demi-diamètre de l'équateur de Jupiter; l'unité de masse est cent mille fois la masse de cette planète; les satellites de Jupiter ont un mouvement bien plus rapide que la Lune. Les conjonctions et l'intervalle des immersions ou des émersions, est de même durée que la révolution.

606288





Pole
Equateur
Déclinaison ou Distance à l'Equateur.
Distance au Pole.
le Scorpion
la Balance
Épi
Arcturus
le Bouvier
la Couronne
le Serpent
Hercule
Ophiucus
l'Aigle
la Flèche
le Dauphin
le pt Cheval
la Lyre
Véga
le Cygne
le Dragon
Zenith de Paris
le pt Chien
Procyon
Aldebaran
le Taureau
Orion

II IX X XI XII XIII XIV XV

ASSIOPÉE

Tête

LA G.DE OURSE

Queue

le Cœur de Charles

LES LEVRIERS

Déclinaison

Astres

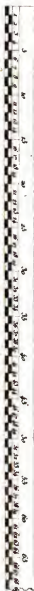
Astres qui

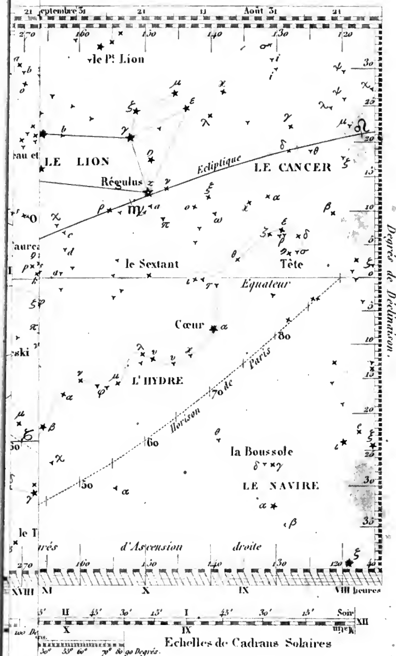
LE BOUVIER

Arcturus

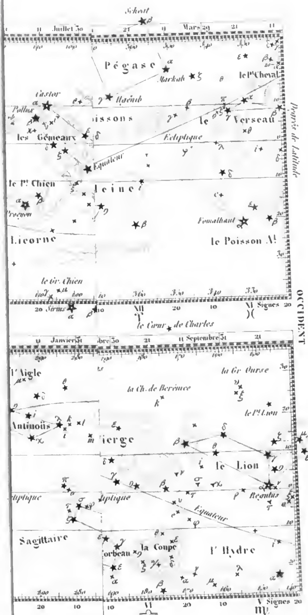
LA LYRE

NNE

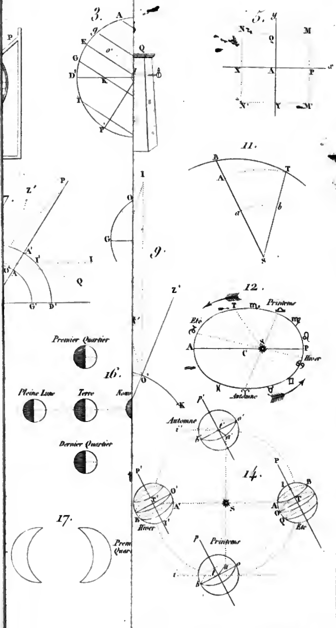




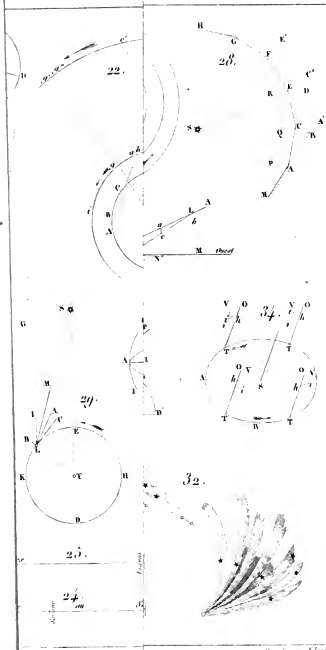
21 Septembre 31
21
11
Août 31
21
270
160
150
140
130
120
le Pt Lion
LE LION
Régulus
Ecliptique
LE CANCER
le Sextant
Tête
Equateur
Cœur
L'HYDRE
Horizon de Paris
80
70
60
50
la Boussole
LE NAVIRE
Degrés d'Ascension droite
Degrés de Déclinaison.
XVIII
XI
X
IX
VIII heures
Soir
XII
Echelles de Cadrans Solaires



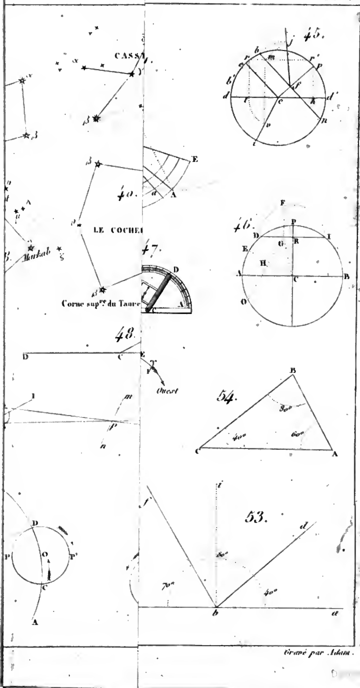
Scheat
Pégase
Markab
le Pt. Cheval
Castor
Pollux
les Gémeaux
Ecliptique
Equateur
le Verseau
Degrés de Latitude
le Pt. Chien
Procyon
Fomalhaut
Licorne
le Poisson Al.
le Gr. Chien
Sirius
XI Signes
le Cœur de Charles
OCCIDENT
Janvier
Septembre
l'Aigle
la Ch. de Berénice
la Gr. Ourse
le Pt. Lion
Antinoüs
le Lion
Regulus
Equateur
Sagittaire
la Coupe
l'Hydre
V Signes



Gravé par Adam.

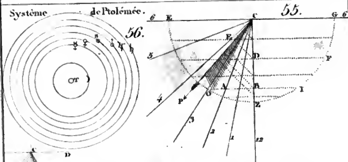

22.
28.
29.
34.
32.
25.
24.
Ouest
Gravé par Lhau

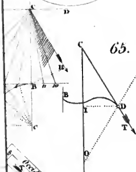
Digitized by Google

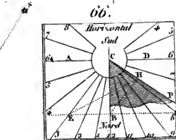


Gravé par Adam.

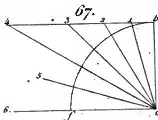
Digitized by Google

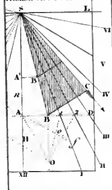


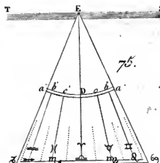












Gravé par Adam.


Digitized by Google



Digitized by Google